

# КОИ ПРОБЛЕМИ НА ФИЗИКАТА И АСТРОФИЗИКАТА ДНЕС ИЗГЛЕЖДАТ ОСОБЕНО ВАЖНИ И ИНТЕРЕСНИ?

(30 години по-късно)

В. Л. Гинзбург, Физ. И-тут РАН

Преди близо тридесет години видният руски физик академик Виталий Лазаревич Гинзбург (р. 1916 г.) публикува в "Успехи физических наук" (т. 103, 1971 г., стр. 87) статия под приблизително същото заглавие. В кн. 4, стр. 419-440, т. 169 (1999 г.) пак на престижното УФН (на което Гинзбург вече е главен редактор) той публикува статията *"Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)?"*. Поради големия обем на статията, за читателите на "Светът на Физиката" ние предлагаме част от нея, като пропускаме трите съдържателни параграфа 3. *Некоторые комментарии (макрофизика)*, 4. *Некоторые комментарии (микрофизика)* и 5. *Некоторые комментарии (астрофизика)* с негови проникновени анализи на обсъжданите проблеми. Заинтересуваният читател може да ги потърси в цитирания оригинал.

\*\*\*

## 1. Въведение

Скоростта на развитие на науката в наше време е поразителна. Буквално в продължение на един-два човешки живота протекоха гигантски изменения във физиката, астрономията, биологията, пък и в много други области. Читателите могат да проследят това даже върху примера със своите семейства. Така например баща ми, роден през 1863 г., като малък е бил съвременник на Максвел (1831 - 1879 г.). Аз самият бях вече 16-годишен, когато през 1932 г. бяха открити неутронът и позитронът; дотогава бяха известни само електронът, протонът и фотонът. Трудно се осъзнава, че електронът, рентгеновите лъчи и радиоактивността са открити само преди малко повече от сто години, а квантовата теория е родена едва през 1900 г. Какво са сто години в сравнение не само с 3-те милиарда години от момента, в който се заражда животът на Земята, а и с възрастта на съвременния вид човек (*Homo sapiens*), която е от порядъка на 50 хиляди години! Заслужава да се спомене, че първите велики физици - Аристотел (384 - 322 г. пр.н.е.) и Архимед (около 287 - 212 г. пр.н.е.) са живели повече от две хилядолетия преди нас. Но по-нататък науката напредва сравнително бавно, като не най-малка роля за това изиграва религиозният догматизъм. Едва от времето на Галилей (1564 - 1642 г.) и Кеплер (1571 - 1630 г.) физиката започва да се развива с все по-ускоряващи се темпове. Впрочем, даже Кеплер е считал, че съществува сфера на неподвижните звезди, която "се състои от лед или кристал". Общеизвестна е борбата на Галилей за утвърждаване на хелиоцентричната представа, за което той през 1633 г. е осъден от инквизицията. А какъв път е изминат от тогава за тези 300 - 400 години! Резултатът е известната ни днес наука. Тя е освободена от религиозните догми и църквата днес поне не отрича ролята на науката. Наистина, антинаучни настроения и разпространението на лъженауката (особено на астрологията) в наши дни се срещат навсякъде и в частност в Русия. Обаче само победата на тоталитаризма (болшевизма-комунизма и фашизма)

може радикално да попречи на прогреса на науката в резултат на възникване на явления като лисенковщината. Да се надяваме, че до това няма да се стигне. Така или иначе, може да се разчита, че и през 21-вия век науката ще се развива не по-малко бързо, отколкото през изминалия 20-ти век. Има, разбира се, трудности по този път и главната, както ми се струва, е свързана с гигантското нарастване на натрупвания фактически материал, с обема на информацията. Физиката така се разрасна и се диференцира, че зад дърветата трудно се вижда гората. Трудно е мислено да се обхване картината на съвременната физика като цяло. Между другото, такава картина съществува и независимо от многобройните разклонения, физиците разполагат с носещата ѝ конструкция: това са фундаменталните понятия и закони, формулирани от теоретичната физика. Нейното съдържание е отразено ярко в "Курса" на Ландау-Лифшиц-Питаевски. Последният от тях продължава делото на своите предшественици. Този Курс, както и многобройната друга учебна и монографична литература образуват базата, на която се основава работата във всички раздели на физиката и близките ѝ направления. Обаче тези книги не могат да отразяват последната дума в науката, само по тях е трудно, ако не и невъзможно да се почувства пулсът на научния живот. За тази цел, както е известно, служат семинарите. (...)

Аз отдавна пропагандирам един "проект", както сега е модно да се казва, чието съдържание е отразено в заглавието на настоящата статия. Става дума за съставянето на определен списък на проблеми, които в дадения момент са най-важни и интересни. Тези проблеми трябва преди всичко да бъдат обсъдени или коментирани в специални лекции или статии. Формулата "всичко за едно и по нещо за всичко" е много привлекателна, но вече е нереална - не можеш да обхванеш всичко. Заедно с това някои теми, въпроси, проблеми някак си изпъкват по различни причини. Тук роля може да играе важността на темата за съдбата на човечеството (изразявайки се високопарно), като например проблемът за управляемия термоядрен синтез с цел получаването на енергия. Разбира се изпъкват и въпроси, отнасящи се към самия фундамент на физиката, от нейния преден фронт - тази област често се наричаше и все още продължава да се нарича физика на елементарните частици. Без съмнение особено внимание привличат и някои въпроси от астрономията, която сега, както и по времето на Галилей, Кеплер и Нютон, трудно може (пък и не трябва) да се отдели от физиката. Един такъв списък, разбира се, променящ се с времето, представлява, според мен, някакъв "физичен минимум". Това са теми, за които всеки физик трябва да има някаква представа, да знае за тях, да разбира за какво се говори. Шири се и по-нетривиалното мнение, че да се постигне една такава цел съвсем не е толкова трудно и не си заслужава за това да се изразходват толкова сили и време. Но за това са необходими известни усилия не само от страна на "обучаващите се", а и от страна на "по-възрастните" им колеги. А именно, трябва да се подберат темите за "физичния минимум", да се състави съответният "списък", той да се коментира и разясни, да се напълни със съдържание.

Трябва ли е да се подчертава, че избирането на "особено важните и интересни" въпроси в никаква степен не е равнозначно на обявяването на масата останали физически въпроси за неважни и неинтересни? Това е очевидно, но навикът за презастраховане ни кара все пак да направим още две уговорки. "Особено важните" проблеми изпъкват не защото други не са важни, а защото през разглеждания 30-годишен период те са се намирали във фокуса на вниманието и в някакъв смисъл определят главните направления на изследванията. Утре тези проблеми могат да се окажат вече в тила и на тяхно място ще дойдат други. Отделянето на "особено важните" проблеми, разбира се, е субективно; възможни са, и са необходими, и други становища. Обаче аз

решително бих искал да отхвърля упрека, че този подбор е направен под диктовката на собствените ми изследвания във физиката. Така например, в научната ми дейност, най-скъпи ми са били и си остават проблемите, свързани с излъчването на равномерно движещи се източници, но те не фигурират в "списъка". За съжаление, наложи се да се сблъскам с осъждане на "списъка" за това, че там не фигурират теми, интересували критикуващия го. Във връзка с това си спомням моя стар приятел академик А. Л. Минц (1895 - 1974 г.), който навремето, след появата на първата ми статия на тази тема, ми каза: "Ако бяхте написали тази статия преди избирането Ви за академик, то никога не бихте станали такъв". Възможно е той да е бил прав, но все пак аз вярвам в широтата на възгледите на моите колеги.

## **2. Списък на "особено важните и интересни проблеми", 1999 г.**

Както се казва в известната английска поговорка: "The proof of the pudding is in the eating" ("За да разбереш какъв е пудингът, трябва да ядеш от него"). Затова преминавам към представяне на списъка, за който ставаше дума:

1. Управляем ядрен синтез.
2. Високотемпературна и стайнотемпературна свръхпроводимост.
3. Метален водород. Други екзотични вещества.
4. Двумерна електронна течност (аномален ефект на Хол и някои други въпроси).
5. Някои въпроси на физиката на твърдото тяло (хетероструктури в полупроводници, преходи метал-диелектрик, вълни на зарядова и спинова плътност, мезоскопика).
6. Фазови преходи от втори род и родствените им. Някои примери за такива преходи. Охлаждане, в частност лазерно, до свръхниски температури. Бозе-Айнщайнова кондензация в газове.
7. Физика на повърхностите. Клъстери.
8. Течни кристали. Сегнетоелектрици.
9. Фулерени. Нанотръбички.
10. Поведение на веществото в сръхсилни магнитни полета.
11. Нелинейна физика. Турбулентност. Солитони. Хаос. Странни атрактори.
12. Разери, гразери, свръхмощни лазери.
13. Свръхтежки елементи. Екзотични ядра.
14. Спектър на масите. Кварки и глюони. Квантова хромодинамика. Кварк-глюонна плазма.

15. Единна теория на слабото и електромагнитното взаимодействие.  $W^{\pm}$ - и  $Z^0$ -бозони. Лептони.

16. Стандартен модел. Велико обединение. Суперобединение. Разпадане на протона. Маса на неутрино. Магнитни монополи.

17. Фундаментална дължина. Взаимодействие на частиците при високи и свръхвисоки енергии. Колайдери.

18. Незапазване на CP-инвариантността.

19. Нелинейни явления във вакуума и в свръхсилни електромагнитни полета. Фазови преходи във вакуума.

20. Струни. М-теория.

21. Експериментална проверка на общата теория на относителността.

22. Гравитационни вълни и тяхното детектиране.

23. Космологичният проблем. Инфлация. L -член. Връзка между космологията и физиката на високите енергии.

24. Неутронни звезди и пулсари. Свръхнови звезди.

25. Черни дупки. Космически струни (?).

26. Квазери и ядра на галактики. Образуване на галактики.

27. Проблемът на тъмната материя (скритата маса) и нейното детектиране.

28. Произход на космичните лъчи със свръхвисоки енергии.

29. Гама-бърстери. Хипернови.

30. Неутринна физика и астрофизика. Неутринни осцилации.

Избирането на точно 30 проблема (по-точно на 30 точки в списъка), разбира се е напълно условно; а някои от тях биха могли да се разделят. В списъка ми отпреди тридесет години фигурираха 17 проблема, а по-късно, в книгата ми "За физиката и астрофизиката", издадена през 1995 г., те бяха станали вече 23. Имаше множество предложения за допълване на "списъка". Някои от тях бяха взети предвид, но други, като например отнасящи се за квантовите компютри, "оптиката" на атомните снопове, полупроводниковите уреди и т.н., бяха оставени без внимание.

Без съмнение, всеки такъв "списък" не е догма, нещо може да бъде изхвърлено, друго - добавено в зависимост от интересите на лекторите или авторите на съответните статии. По-интересен е въпросът с еволюцията на "списъка" във времето, защото тя отразява процеса на развитие на физиката. В "списъка" от началото на 70-те години за кварките бяха отделени само три реда при изброяването на различните опити за обяснение на

спектъра на масите, което съвсем не свидетелства за моята проникателност. Тогава обаче кварките бяха само на 5 - 6 години (такава беше възрастта на тази хипотеза ) и съдбата им съвсем не беше ясна. Днес ситуацията е напълно различна. Наистина, най-тежкият t-кварк беше открит едва през 1994 г., а масата му, по данни от 1999 г. се оценява на  $m_t = 176 \pm 6 \text{ GeV}$ . Естествено в първия списък няма фулерени, открити през 1985 г., няма ги гама-бърстерите, които за пръв път се споменават през 1973 г. Високотемпературните свърхпроводници бяха синтезирани през средата на 80-те години, но в онзи списък този проблем се разглежда достатъчно подробно, защото тяхното обсъждане започна още през средата на 60-те години. Изобщо за изминалите 30 години е постигнато немалко, но според мен, през този период не са се появили чак толкова много нови неща. Така или иначе тези "списъци" характеризират в известна степен развитието и състоянието на физичната и астрофизичната проблематики от началото на 70-те години до наши дни.

(Вж. уводната бележка към статията.)

## 6. Още за трите "велики проблема

Целият ми "проект" - съставянето на списък и неговият коментар в качеството на някаква педагогическа или образователна програма и, в известна степен, като ръководство за действие, не попада на всички. На някои може да не хареса също и маниерът и стилът на изложението. И това е естествено. Аз мога да защитавам само правото си да имам и излагам собствено мнение, което не ми пречи да уважавам мнението на другите. Надявам се тази статия да принесе полза. Заедно с това, за известна пълнота на картината, искам да спомена за още три проблема (или кръг въпроси), които останаха извън изложението. В същото време при преподаването на физика и при обсъждането на нейното състояние и пътища на развитие не може и не трябва да се изпускат от внимание или пък да се заобикалят тези три направления или три "велики" проблема. Преди всичко става дума за нарастването на ентропията, необратимостта и "стрелата на времето". На второ място е проблемът с интерпретацията и "разбирането" на квантовата механика. И накрая – връзката на физиката с биологията и по-точно проблемът за редукационизма.

Л. Д. Ландау се отличаваше с много голяма яснота, с която разбираше физиката, във всеки случай онова от нея, което беше "устойало" на времето. В известно съответствие с това той не обичаше всякакви "обосновавания" (Neubegrundung, както той казваше, употребявайки немския израз), т.е. получаването на известните резултати по друг път, с друг метод. В тази връзка особено ценни са критичните бележки на Ландау, отнасящи се до закона за нарастване на ентропията и неговото обосноваване. В тома "Статистическа физика" на техния Курс се говори направо за неясноти, които остават в тази област: "Въпросът за физическите основания на закона за монотонното нарастване на ентропията остава открит". Откритото през 1964 г. незапазване на СР-четността (а следователно и незапазване на Т-четността, т.е. необратимостта на времето) има пряко отношение към този въпрос, но все още не е добре изследвано и осъзнато. Какво е състоянието на проблема в дадения момент не мога да кажа и, за съжаление, не мога даже да посоча подходящ литературен източник. Но няма съмнение, че тук яснота все още няма, и това обстоятелство, във всеки случай, не трябва да се замазва.

В нералитивистичната квантова механика ситуацията е друга. Голяма част от физиците смятат, че т.нар. ортодоксална или копенхагенска интерпретация на квантовата

механика е последователна и задоволителна. Тази гледна точка е отразена и в Курса на Ландау, който често добавяше: "В основни линии всичко е ясно, но са възможни коварни въпроси, на които може да отговори само Бор". През 1939 г. Л. И. Манделщам четеше в Московския университет лекции по основи на квантовата механика. Те бяха издадени посмъртно ("Полное собрание трудов" т. 5, Изд-во АН на СССР, 1950 г.), подготвени за печат от Е. Л. Фейнберг и прегледани от И. Е. Там и В. А. Фок. Доколкото разбирам Л. И. Манделщам напълно е споделял "ортодоксалната" интерпретация и задълбочено я е анализирал. За съжаление тези лекции, публикувани с големи затруднения в онези трудни времена, са слабо известни на научната общност. Освен това през този период (50-те години) обсъждането на квантовата механика, или по-точно - на нейните основи и интерпретации, постепенно затихна. Днес тази проблематика отново е представена широко в сериозната литература, като частично съвременният интерес към нея е свързан с нови, главно оптични експерименти. Всички тези експерименти свидетелстват за пълната валидност, и може да се каже тържество, на квантовата механика. Заедно с това в тях са изясняват и онези страни на теорията, които отдавна бяха добре известни, но изглежда като да им липсва нагледност. Тук не е мястото за обсъждане на тези проблеми. Искам само да отбележа, че обсъждането на основите на квантовата механика запазва известна актуалност и не трябва да се пренебрегва. Значителна, ако не преобладаващата част от критиците на квантовата механика не са удовлетворени от вероятностния характер на нейните предсказания. Те явно биха искали да се върнат към класическия детерминизъм и при анализа на микроявленията и, нагледно казано, да узнаят къде, в края на краищата, ще попада всеки конкретен електрон в известните дифракционни опити. За такова очакване сега няма никакви основания.

Ако се обърнем към историята, ще видим, че създаването на теорията на относителността и квантовата механика довежда до ясно разбиране на областта на приложение на класическата (нютоновата) механика, като самата тя остава непоклатима. Свързаните с релятивизма граници на приложимост на нерелативистичната квантова механика вече са известни. Обобщението на съществуващата релятивистична квантова теория (може би по пътя, набелязан в теорията на струните) едва ли може да внесе нещо ново в нерелативистичната квантова механика и да отговори на прословутия въпрос "къде попада електронът". Обаче, когато става дума за възможностите на бъдещата теория и нейното влияние върху съществуващата, не може да се даде априорен отговор. Както беше казано, ортодоксалната (копенхагенска) интерпретация се представя като последователна и много физици са удовлетворени от нея. Мога да изкажа само моето интуитивно съждение - нерелативистичната квантова механика едва ли ще претърпи съществени промени - "къде ще попадне електронът" ние няма да узнаем, но някакво по-дълбоко разбиране (извън границите на ортодоксалната интерпретация) все пак не е изключено.

Току що употребих термина "интуитивно съждение". Понятие, като че ли ясно по своето наименсфание. Фактически става дума за сериозен въпрос, проанализиран задълбочено от Е. Л. Фейнберг ("Две култури: интуиция и логика в изкуството и науката", Москва, Изд-во "Наука", 1992). Методологията и философията на науката сега у нас в Русия не са на почит. Това е естествената реакция срещу извращенията от съветския период, когато не съществуваше свобода на мнения и беше налаган догматичният диамат. Но методологията и философията на науката си остават, разбира се, най-важните съставни части на научния светоглед. В условията на идеологическа свобода у нас е необходимо да възродим вниманието към тези въпроси.

Последният "велик" проблем, който ще засегна, се отнася до връзката на физиката с биологията. От края на 19-ти век и примерно до 60-те или 70-те години на 20-ти век физиката беше, може да се каже, първа наука, главна и доминираща. Разбира се, всякакви рангове в науката са условни и става дума само за това, че постиженията на физиката в посочения период бяха особено ярки и, главно, в значителна степен определяха пътищата и възможностите за развитие на цялото естествознание. Беше изяснен строежът на атома и атомното ядро, строежът на материята. Че това е важно и за биологията, е съвършено ясно. Развитието на физиката доведе в средата на нашия век до известната кулминация – овладяването на ядрената енергия – и, за най-голямо съжаление, до създаването на атомните и на водородните бомби. Полупроводници, свръхпроводници, лазери - всичко това е физика, определящо лицето на съвременните технологии и по такъв начин, в значителна степен, на съвременната цивилизация. Но по-нататъшното развитие на фундаменталната физика, основите на физиката и, конкретно, създаването на кварковия модел на строежа на веществото са физически проблеми, които нямат непосредствено значение за биологията и другите природни науки. В същото време биологията, използвайки все по-съвършени физически методи, бързо напредна и след разшифроването на генетичния код през 1953 г. започна своето бурно развитие. Днес именно биологията, особено молекулярната биология, заема мястото на водеща наука. Може и да не се съгласите с подобна терминология и всъщност разпределението на "местата" в науката е маловажно. Искам само да подчертая факти, които не всички физици, особено тук в Русия, разбират. За нас физиката си остава дело на живота ни, млада и прекрасна, но за човешкото общество и неговото развитие мястото на физиката вече е заето от биологията. Като добра илюстрация на казаното може да послужи следният детайл: списанието Nature, за чиято роля и място в науката е излишно да се напомня, в своя ежеседмичен брой отдава дължимото на всички научни области, в частност на физиката, астронимията и биологията. И едновременно с това понастоящем Nature обрасна с цели шест сателитни ежемесечни списания - Nature-Genetics, Nature-Structural Biology, Nature-Medicine, Nature-Biotechnology, Nature-Neuroscience и Nature-Cell Biology. И всички те са посветени на биологията и медицината. А за физиката и астрономията е напълно достатъчно основното издание на Nature и, разбира се, многочислените чисто физични списания (естествено такива има предостатъчно и за биологията). За постиженията в биологията се пише толкова много даже в научно-популярната литература, че за това няма смисъл и да се споменава. Но аз пиша за биологията по две причини. Преди всичко съвременните биологични и медицински изследвания са невъзможни без широкото използване на физичните методи и апаратура. Затова биологичната и околوبيологичната тематика трябва и ще заема място във физическите институти и факултети все повече място. Това трябва да се разбере и да му се съдейства активно. Второ, въпросът за редукционизма – това е велик съвременен физичен и биологичен проблем, и той, убеден съм в това, ще бъде един от централните в науката на 21-ви век.

Днес ние предполагаме, че знаем от какво е съставено всичко живо от електрони, атоми и молекули. Знаем и строежа на атомите и молекулите, а и управляващите ги закони. Затова съвсем естествена е и хипотезата за редукция - възможността всичко живо да бъде обяснено на основата на физиката, на вече познатата ни физика. Конкретно, основен се явява въпросът за произхода на живота и появяването на съзнанието (мисленето). Образоването в условията, царящи на Земята преди няколко милиарди години, на сложни органични молекули е проследено, разбрано и моделирано. Изглежда като че ли можем да си представим прехода от такива молекули и техни комплекси към най-прости организми и тяхното възпроизводство. Но явно тук има

някакъв скок, фазов преход. Проблемът не е решен и аз съм склонен да мисля, че той ще бъде безапелационно решен едва след създаване на "живот в епруветка". Що се отнася до физическото обяснение на механизма на появяване на съзнанието и мисленето, ситуацията на проблема не ми е известна, и аз мога да се позова само на обсъждането на възможността за създаване на "изкуствен интелект". Вярващите в Бога, разбира се, "решават" проблема много просто: живот и съзнание са "вдъхнати" от Бога. Но подобно "обяснение" представлява свеждане на едно неизвестно към друго и излиза извън рамките на научния подход и светоусещане. Същевременно може ли да се смята, че възможността за редукция на биологията към съвременната физика не подлежи на съмнение? Тук ключова дума е "съвременна". И с отчитане на тази дума да се даде положителен отговор би било, както ми се струва, неправилно. Докато работата не е свършена, не може да се изключи възможността ние още на фундаментално ниво да не знаем всичко, което е необходимо за редукцията. Правя тази уговорка от предпазливост, въпреки че интуитивното ми разсъждение е следното: на фундаментално равнище никаква "нова физика" за редукция – разбирането на биологичните явления – не е необходима. Разбира се, да се спори за това е неплодотворно – бъдещето ще покаже.

За това бъдеще не може да се мисли без завист колко много важни и интересни неща предстои да узнаем даже в близките десет години! По този повод ще си позволя да направя няколко бележки.

## **7. Опит за прогноза за бъдещето**

Във връзка с прогнозите за бъдеще най-често може да се срещне репликата: прогнозите са неблагоприятна работа. Има се предвид, очевидно, и фактът, че животът в действителност е по-богат от нашето въображение, и прогнозите често се оказват погрешни. По-съществено е обстоятелството, че най-интересни се оказват непредсказаните, неочакваните открития. Разбира се, те не могат да бъдат прогнозирани и по такъв начин ценността на прогнозите става съмнителна. Въпреки това, опитът да се предвиди бъдещето изглежда разумен, ако не му се придава излишно значение. Така постъпвам и аз, завършвайки настоящата статия с някои прогнози, отнасящи се само до проблемите, споменати по-горе (с извинение за някои повторения).

Решението за построяване на гигантския токамак на Института за Теоретична и Експериментална Физика на стойност 10, а може би и 20 милиарда долара е отсрочено за три години. Мисля, че този проект никога няма да бъде реализиран, но изследванията в областта на термоядрения синтез не са прекратени, разработват се и алтернативни системи и проекти. Съмнения в самата възможност за построяване на действащ (продаваем) реактор наистина няма. А бъдещето на това направление ще се определя основно от икономически и екологични съображения. Мисля, че след едно-две десетилетия някакъв експериментален реактор (разбира се, с положителен енергетичен изход) ще бъде построен. Ще се реализира и "лазерната термоядрена реакция", понеже това е теоретически и практически възможно и е необходимо за военни цели. Разбира се, на нея ще се провеждат и физични изследвания.

Както беше споменато, с проблема на високотемпературната свръхпроводимост (ВТСП) започнаха да се занимават през 1964 г. и аз смятах неговото решаване за напълно реалистично до 1986-1987 гг. Тогава всъщност не ставаше дума за истинско



предсказване на възможностите за ВТСП, а само беше изяснено, че не съществуват никакви принципни трудности за създаването на ВТСП. Такава е ситуацията днес с възможностите за осъществяване на "стайнотемпературна свръхпроводимост" (СТСП). През 1964 г. максималната известна критична температура за свръхпроводници беше 23 К, сега за ВТСП  $T_{c, \max} = 164$  К, т.е. нараснала е 7 пъти. За да се достигне "стайна" температура, достатъчно е  $T_c$  да се повиши още "само" 2 пъти. Затова, ако се изхожда само от "кухненски" съображения, възможността за достигане на СТСП е напълно вероятна. Заедно с това съмненията безусловно остават. Ако механизмът на ВТСП в *купратите*, макар и все още неизяснен, си остава основно фононен или спинов (или фононно-спинов), то повишаването на  $T_c$  даже "само" два пъти е много трудно. Ако роля играе екситонният (електронен) механизъм, то напротив, създаването на СТСП е напълно правдоподобно. Аз мога да изкажа само интуитивно съждение: мисля, че СТСП ще бъде получена в не толкова отдалечено бъдеще - може би утре, а може и след десетилетие.

Помня времето, когато създаването на метален водород изглеждаше "въпрос на техника". Разбира се, и днес може да се каже така, но достигнатите статични налягания от около 3 милиона атмосфери за получаването на металната фаза се оказаха недостъпни. Как съществено да се повиши налягането, ако не бъдат открити нови материали, по-твърди от диаманта, не е известно, поне на мен. Моето интуитивно съждение за бъдещето в това отношение е: съществуващите трудности ще бъдат преодолені сравнително скоро. Заедно с това, надеждите (имаше такива) да се получи "парче" метален водород и той да бъде използван, ми се струват напълно нереални.

Относно останалите проблеми - от 4 до 13 в раздел 3 - ясно е, че се очаква интензивно развитие и изясняване на много интересни неща. Но никакви ярки очаквания не мога да посоча, вероятно поради недостатъчната ми информираност. Може би сюрприз ще поднесат фулоренът  $C_{36}$  и съединенията от типа  $K_3C_{36}$ , ако при тях бъде наблюдаван ВТСП. Перспективно е изследването и приложението на нанотръбичките. Възможно е, както изглежда, и получаването на дългоживущи трансуранови елементи.

Към макрофизиката трябва да се отнесе и проблемът за кълбовидната мълния, който аз не включих в "списъка". В нейното съществуване никой не се съмнява, а въпросът за нейния произход се обсъжда от стари времена. Предложени са много модели и хипотези, но прословутият консенсус не се получава. Мисля, че природата на кълбовидната мълния ще бъде ясно и еднозначно изяснена едва след създаването на тези обекти в лабораториите при ясен контрол на всички условия и параметри. Впрочем, такива опити са предприемани нееднократно, изказват се и претенции че кълбовидни мълни са били получавани изкуствено. Но явно всички подобни твърдения не са били потвърдени.

В областта на микрофизиката (физиката на елементарните частици) през последните две десетилетия се наблюдава явен спад (по броя открития и т.н.) в сравнение с предишния период. Вероятно това в значителна степен е свързано с отсъствието на ускорител от ново поколение. Но през 2005 г. в строй ще влезе LHC, а дотогава другите съществуващи ускорители ще бъдат реконструирани. Може да се очаква откриването на скаларния хигс-бозон или даже на няколко "хигса". Ако такава частица не бъде наблюдавана (което е трудно да се допусне), теорията ще се окаже пред голяма трудност. Напротив, ако даже с LHC не бъдат намерени нови частици и, по-конкретно, суперсиметрични партньори на известните ни частици, то това може само да означава,

че масата на тези частици е по-голяма от  $14 \text{ TeV} = 1,4 \times 10^{13} \text{ eV}$ . Доколкото разбирам, това не свидетелства за нищо особено. Измежду очакваните резултати може да се посочи по-нататъшното изучаване на неутринните осцилации и определяне масите на неутрината  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  и  $\nu_\tau$ . Ще бъдат получени също нови резултати, отнасящи се до запазване на СР-инвариантността, в частност при по-високи енергии. Вероятно това е важно при анализа на проблема на "стрелата на времето". Вече в продължение на много години се търсят магнитните монополи, но надеждата за тяхното откриване всъщност практически е отпаднала. Но кой знае? На новите експериментални постановки (особено на Супер Камиоканаде) продължават усилията да се установи разпадането на протона. При сблъсквания на релятивистични тежки ядра може да се очаква напредък по въпроса за кварк-глюонната плазма, и въобще за кварковата материя.

Въпреки че физиката на елементарните частици - най-предният фронт на физиката - престана вече да е "царица на науките", изследванията в тази област се водят в много големи мащаби и в разнообразни направления. Без съмнение бъдещето ще ни донесе много нови неща и в тази област, но да се опитваме сега подробно да изброим проектите, задачите и отделните въпроси, би било безсмислено. Необходимо е обаче да подчертаем "въпроса на въпросите" - квантовата гравитация и нейното обединение (суперобединение) с другите взаимодействия (силни и електрослаби). За нещо подобно претендира теорията на струните (суперструните). Да се смята, че тя е на 30 години е преувеличено, но прословутата "първа суперструнна революция" стана преди близо 15 години. И въпреки всичко, за някаква завършена "теория на всичко" (theory of everything) не може и дума да става. А може би теорията на суперструните въобще не е онзи път, по който ще се развива бъдещата теория. Но могат ли да се считат подобни забележки за упрек или омаловажаване на теорията на струните? Моля да не бъде разбран в такъв смисъл. Става дума за проблем с извънредна дълбочина и трудност. Какво представляват 15 или 30 години по такъв път? Ние така сме привикнали към бързото развитие на физиката, към нейните успехи, че губим, както ми се струва, перспектива. Подобно на икономиката или народонаселението, експоненциалното нарастване, в случая на нашите физични знания, не може да продължи много дълго. Да прогнозирам развитието в областта на квантовата космология и въобще в нова, наистина фундаментална теория, не се наемам.

Преминавам към проблемите, които в "списъка" условно бяха отнесени към областта на астрофизиката. Експерименталните проверки на ОТО в слаби и силни полета продължават и ще се провеждат и в бъдеще. Най-интересно би било, разбира се, установяването и на най-слабото отклонение от ОТО в неквантовата област. Моето интуитивно виждане е, че в неквантовата област ОТО не се нуждае от никакви корекции (впрочем, възможни са някакви корекции в сръхсилни гравитационни полета, но явно тези корекции ще имат квантов произход и ще изчезват при  $\hbar \rightarrow 0$ ). Подобно допускане съвсем не означава абсолютизиране на ОТО. Става дума само за това, че границите на приложимост на ОТО са само квантови. Логически са възможни и други ограничения. За яснота ще приведа пример от нютоновата (класическата) механика. Знаем, че тази механика е ограничена от две страни - релятивистката и квантовата. Логически е допустимо и друго ограничение, например, в случаите на много слаби ускорения. Но промяната на ОТО, свързана с квантовата теория, вече е друг проблем, за който вече стана дума.

Още от началото на 21-ви век ще започне детектирането на гравитационни вълни със строящите се днес апаратури, най-напред на LIGO в САЩ. Преди всичко, изглежда, ще

бъдат приети импулси, образувани при сливането на две неутронни звезди. Възможни са, и даже много вероятни, корелациите с гама-бърстери, а също с неутринни излъчвания с висока енергия. Най-общо казано, ще се роди гравитационно-вълновата астрономия.

С космологията в една или друга степен е свързана цялата извънгалактична астрономия, развиваща се с бурни темпове. Вече са вкарани в строя нови свръхсилни телескопи. Например в двата "Кек" (Keck)-телескопа на Хавайските острови (задействани съответно през 1992 и 1996 г.) диаметърът на огледалата е 10 m, докато знаменитият Паломарски телескоп, започнал да действа през 1950 г., е с диаметър на огледалото 5 m. Руският телескоп в Зеленчук, пуснат в действие през 1976 г. е с диаметър 6 m. Много ефективен е и извънземният телескоп Хъбъл (Hubble Space Telescope) с диаметър на огледалото 2,4 m, изведен в орбита през 1990 г. Строят се нови телескопи за различни честотни диапазони - от рентгеновите до радиовълновете. Специално трябва да бъдат споменати спътниците - гама-обсерватории и апаратури за регистрация на космични неутрина (те, разбира се, могат да бъдат наречени неутринни телескопи). В резултат на гигантските по мащабите си работи на всички тези телескопи, без съмнение, още в началото на 21-ви век ще бъдат, най-накрая, уточнени стойностите на константата на Хъбъл и определени параметрите  $W_b$ ,  $W_d$  и  $W_L$ . Това ще позволи да бъде избран космологичният модел, поне за стадия след възникването на реликтовото радиоизлъчване (т.е. за параметър на червеното отместване  $z \sim 10^3$ ). Ще бъдат изяснени: ролята на  $L$ -члена, приносът на тъмната материя не само "в средно" (параметъра  $W_d$ ), но и за различните обекти (Галактиката, купове галактики, свръхкупове) ... Аз се отплеснах с изброяването на всевъзможни астрономични задачи и обекти, което тук няма смисъл. Разбира се, новости ще се получат практически по всички задачи и въпроси, но специално заслужава да се отбележат спорните и неясни, в известна степен, проблематични въпроси. Към тях се отнася въпросът за откриване на черни минидупки и космични струни (които могат да бъдат от различни типове), а също и някои други възможни "топологични дефекти".

Понеже природата на тъмната материя днес е съвършено неясна, решението на този проблем понастоящем може да се счита за най-важния в астрономията, ако не засягаме основните въпроси на космогонията (областите в близост до класическата сингулярност, т.е. квантовата област; нашата Вселена като част от по разклонената, вероятно, безкрайна система). За успех при този загадъчен въпрос можем само да се надяваме, но няма да бъде учуден, ако и той бъде решен бързо.

По въпроса за произхода на най-високоенергетичните космични лъчи има принципи неясноти. Ситуацията е аналогична на случая с тъмната материя и, може би, двата въпроса са свързани. Пътищата на по-нататъшните изследвания са ясни и те са в ход. Същото може да се каже и за гама-бърстерите и неутринната астрономия. Впрочем, за последните пет години най-важното във физиката и астрофизиката - това е доказателството за космологичната природа на гама-бърстерите (по-точно, на значителна част от тях) и наблюдаването на неутринни осцилации, и по такъв начин - на доказателството, че поне единият сорт неутрино има различна от нула маса (нека все пак отбележим, че окончателното потвърждение на неутринните осцилации се нуждае от допълнителна проверка). Изучаването на гама-бърстерите ще изясни, вероятно, не малко интересни неща, но трудно е да се очаква по-голяма сензация от откриването на суперновите. Влязоха в строя и ще навлизат новите експериментални установки за изучаване на неутрино. Затова в близко бъдеще може да се очаква решение на

въпроса със слънчевото неутрино (има предвид съпоставяне на експерименталните и теоретични пресмятания за потоците неутрина с различни енергии). Ще се изясни и ролята на неутринните осцилации. Трябва да заработят "неутринните телескопи" за детектиране на неутрина с най-високи енергии. Както вече беше споменато, тяхната съвместна (по време) работа с гравитационните антени и гама-телескопи безусловно ще даде богати плодове. Що се отнася до детектирането на реликтови неутрина, както и реликтови гравитационни вълни, ситуацията не ми е съвсем ясна.

Отделянето на някакви избрани проблеми всред останалите, както вече беше подчертано, е доста условно и е свързано с известна неловкост - зад борда остават още толкова много важни и интересни неща! Това го почувствах особено остро и аз, отделяйки гама-бърстерите, без да спомена за развитието на другите клонове на гама-астрономията.

В резюме може да се констатира прекрасни перспективи за развитие на почти всички обсъждани направления. Мисля, че до 20-30 години ние ще получим отговори на всички споменати в текста проблеми, с изключение, може би, на фундаменталните проблеми на физиката на елементарните частици (суперструни и прочие) и квантовата космология в близост до класическите сингулярности. За тези две направления аз не се наемам да предвиждам нищо.

В заключение - за трите "велики" проблема, засегнати в раздел 6. Що се отнася до "стрелата на времето", не виждам никакви експерименти, които биха могли да спомогнат за напредък в това направление. Интуитивно смятам, че е важно незапазването на СР-инвариантността, а по такъв начин и на Т-инвариантността. Но какво могат да изяснят експериментите в това направление? Относно основите на нерелативистичната квантова механика, въпросът за интерпретацията ѝ има в значителна степен гносеологичен характер. Провежданите нови и много прецизни експерименти за проверка на съотношението на неопределеност, прословутата телепортация и т.н. в никакъв случай не излизат извън рамките на известната теория. Интуитивно съждение - да предскажем "къде попада електронът" в дифракционните опити, ние никога няма да можем. Бъдещата теория (условно - теорията на суперструните и нейното развитие) може би ще внесе и нещо ново, но какво именно, не мога да си представя (под подозрение са понятията за време и пространство в квантовата механика). Що се отнася до третия от "великите проблеми" - редукционизма - съзнавам своята некомпетентност. Може би затова няма да бъда удивен, ако през 21-ви век бъде създаден "живот в епруетка". Но ако това бъде постигнато, то ще бъде чрез биохимични методи и физиката може да играе само спомагателна роля. Така или иначе, никакви прогнози в тази област аз не мога да направя.

Завършвайки статията, ясно виждам някои нейни недостатъци. Без съмнение широтата на обхвата се обърна в повърхностно излагане. За всичко трябва да се плаща. Дали е висока цената - ще съди читателят. Обаче, едни или други недостатъци на статията не могат да дискредитират самата идея. Онези, които не са съгласни, призовавам към конструктивна критика - да го направят по-добре от мен, това, което не ми се е удало.

И накрая, последна бележка.

На основание на всичко изложено дотук е ясно, че в близките години и най-вече в първата половина на 21-ви век може да се очаква много ново, важно и интересно.

Срещаните в литературата доста песимистични прогнози относно развитието на физиката и астрофизиката в обозримо бъдеще са плод на недостатъчна информираност, некомпетентност или просто на недоразумение. Друг въпрос е, че експоненциалният закон за развитие на науката спрямо някои нейни "показатели" (количество учени, брой публикации и др.) е ограничен във времето и вече настъпва известно насищане. Обаче това обстоятелство не противоречи като цяло на казаното, защото ставаше дума за близкото бъдеще. Мисля, че след десетина години ще бъде напълно уместно да се напише нова статия със същото заглавие, като на настоящата. Интересно ще бъде да се констатира какво се е сбъднало и какво не, и трябва да се измени моят "списък", като се изхвърлят остарелите и се добавят новите проблеми. Надявам се да се намери физик, който да направи това, а "Успехи Физических Наук" да предостави своите страници за съответната статия.

Превод: **Н. Ахабабян**

### **Бележка на преводача**

Трябва да призная, че се заех с превода и представянето на статията на акад. В. Л. Гинзбург с особена пристрастност: не само че преди 30 години, ние физиците от по-старото поколение очаквахме и "гълтахме" всеки брой на Успехи Физических Наук с огромен апетит (какво храносмилахме е друг въпрос ...), но аз съм имал възможност на чуя на живо неговия разказ на една от Международните конференции по Космично лъчение, провеждана на Златни Пясъци. Тогава Витали Лазаревич не беше нито академик, нито член-кореспондент, нито ние знаехме за неговото участие и решителни приноси при построяването на съветската водородна бомба. Спомените ми не са избледнели, но думи не ми стигат ... Ще кажа само, че го слушахме с увиснали ченета ...

Искам да вярвам, че заключителното пожелание на акад. В. Л. Гинзбург се отнася и за младите ни български физици. Дано след време те си спомнят за тази статия, за нейното отпечатване в "Светът на физиката", дано то съществува и тогава - а няма съмнение, че страниците му ще бъдат на тяхно разположение.

# 10-ТЕ ГЛАВНИ НАУЧНИ ПОСТИЖЕНИЯ ПРЕЗ ИЗТЕКЛАТА ГОДИНА

Според издателите на сп. Science

Ал. Семенов (по материали от сп. "Science")

Само в нашата многострадална държава (*Русия - бел. прев*) на науката съвсем не ѝ провървя, а в целия свят тя живее и удивлява прогресивното човечество със своите постижения. По традиция, в края на декември издателите на водещото научно списание "Science" избраха десет най-значителни научни постижения на изтеклата година. Струва си да се запознаем с тях, за да си представим колко обширен и мощен е фронтът на настъпление срещу неизвестното.

**1. Изводът, че нашата Вселена ще се разширява вечно и с непрекъснато увеличаваща се скорост, и че това разлитане ще продължи вечно.** В изследванията са участвали американски астрономи от университетите във Вашингтон, Сиетъл и Националната лаборатория в Бъркли, Калифорния. По-късно техният резултат е потвърден и от други групи. За пръв път през целия изминаващ век, въз основа на експериментални данни е направено ясно твърдение за сценария на развитие на Вселената. Досега теорията разглеждаше всички възможни варианти: безкрайно разлитане, свиване или неизменна Вселена. Полученият резултат възражда идеята, много популярна в началото на века и активно отхвърляна от Айнщайн, че съществува сила, която отблъсква масите на веществото и работи против силите на привличане.

**2. Откритието, че в плодните мушици, мишките и бактериите съществуват гени, отговорни за контрола на времето.** Наличието на такива гени може да помогне да се обясни защо много живи организми, в това число и човекът, се събуждат сутринта и заспват вечер.

**3. Откриването на структура в нервната система, която позволява химическите сигнали да се придвижват със скорост сто йона в секунда от един йон към друг.** Това откритие би позволило по-добре да се разбере механизмът на работа на нервната система.

**4. Доказателството на японските специалисти, че трудно уловимата елементарна частица неутрино има маса.** (Това се изследваше безуспешно вече не едно десетилетие). Този факт противоречи на голяма част от съвременните теории на елементарните частици. То означава, че съществена част от масата на Вселената е съсредоточена в неутрино, които в космоса са извънредно много.

**5. Съставен е пълен генетичен портрет на едно от сложните живи същества - пръстеновидния червей (*Caenorhabditis elegans*).** Съставени са генни карти и на цял ред микроби, в това число - на тифа, туберкулозата и сифилиса. В продължение на осем години учени от Вашингтон в САЩ и Кеймбридж в Англия са определяли и са сшивали един с друг около две хиляди гена, съставлящи ДНК на споменатия червей (разшифровани са повече от сто милиона химически съединения). Интересното е, че около 40 % от тях са аналогични на гените на другите живи организми. И въпреки че

този червей достатъчно силно се различава от Homo sapiens, учените смятат, че това изследване ще помогне много в разбирането на най-различни аспекти от живота и болестите на човека. До ден-днешен учените са отделили шест процента от човешките гени и се надяват да съставят пълна карта на човешкият геном към 2003 година. (В човека има трийсет пъти повече ДНК, отколкото в изследвания червей).

**6. Учени от САЩ и Великобритания показват, че квантовата информация за частиците може да се телепортира от атом към атом.** Нещо подобно вече много години се експлоатира от фантастите в техните разкази за мигновен пренос от една звезда до друга; разбира се, съвременните изследвания не позволяват да се пренесе не само човек, но и комар, но може би ще бъде направена първата крачка към конструирането на свръхбързите квантови компютри.

**7. Съществен прогрес е постигнат в създаването на биомикросхеми** - микромашини, които могат да извършват сложни биологични действия, например да вземат кръвни проби от рак или да отделят ДНК от образец. В бъдеще биомикросхемите могат да бъдат използвани за компенсация на генетични болести или да извършват сложни анализи в болници. Водеща роля за създаването на биочипове има колектив от руски учени от Института по молекулярна биология на РАН и учени от Аргонската лаборатория в САЩ.

**8. Съществен напредък в химията вече позволява да се проверяват милиони химически комбинации за много кратко време.** Новата технология, наречена комбинаторна химия, ще ускори съществено създаването и проверката на нови лекарствени средства.

**9. Откриването на лекарства, способни да предотвратят появата на рак** или да атакуват заболяването по нов начин. Намерени са два вида антитела, успешно сражаващи се с рака на гърдата.

**10. Установено е, че някои форми на автоимунни заболявания, например артрит, могат да бъдат обусловени от борбата на организма с инфекции, причинявани от бактерии и вируси.**

И така, измежду десетте най-важни открития за изминалата година три са в областта на физиката, едно - на химията, две - на медицината и четири - на биологията. Това безспорно е показателно: центърът на изследванията се пренася към биологията, физиологията и генетиката. Защо ли нищо съществено не става в хуманитарните области? Кой знае, защо?

Бел. прев.: *Едва ли това може да обезкуражи или обезоръжи нас физиците. Ние продължаваме, нали така?*

Превод (с несъществени съкращения): **Н. Ахабабян**

("Знание-сила", януари 1999)

# УСПЕХИ НА НАБЛЮДАТЕЛНАТА КОСМОЛОГИЯ

Марин Калинков

Не е вярно общоизвестното твърдение за най-древната професия. Още в своето детство човечеството си е задавало вечните въпроси: от къде сме? какво има около нас? как е създадено? какво ще настъпи после? и др. подобни. Така във всяка група, общност, населено място е имало поне един човек способен да отговори на тези въпроси. Дали ще го наречем магьосник, шаман или жрец, няма значение, тъй като по същество професията му е била на космолог. Всичко това се потвърждава от скалните рисунки, създадени преди десетки хиляди години.

## Кратка история на космологията

В историята на цивилизацията космологията заема особено положение. Не е съществувала култура, в която да не са били вплетени космологични митове, както и не са били развивани религиозни системи без космологични представи. Изобщо духовното винаги е било преплетено с космологичното.

Въпросите за времето и пространството са били поставени на рационалистична основа още от древните гърци. Но до 19-ти век обект на астрономията си остава само *Малката вселена* – предимно Слънчевата система и наблюдателни основания за научни съждения за цялата Вселена все още няма. През миналия век започва активното изучаване на звездите и мъглявините. Основания все още няма. Едва Едуин Хъбъл (1924 г.) доказва съществуването на други звездни системи, на галактиките, подобни на нашата Галактика или Млечния път, и започва пробивът в *Голямата вселена*.

Хъбъл остава дълго време на върха на вълната той успява да класифицира галактиките, открива разширението на Вселената, определя закона за поглъщането на светлината в Млечния път, изучава разпределението на галактиките в пространството и др. Неговите успехи се коренят не само в интелектуалните му възможности, но и във възможностите за наблюдения. Той е работил с най-големия тогавашен телескоп с диаметър на огледалото 2,5 m (обсерваторията Маунт Уилсън).<sup>1</sup>

Любопитно е да се спомене един погрешен извод на Хъбъл, а именно, че *куповете от галактики са изключение*. Този извод се дължи на факта, че 2,5 m телескоп има малко поле, около 10', а видимите размери на по-близките купове са по-големи (Хъбъл е работил с не много чувствителни фотоплаки – не е могъл да наблюдава далечни купове). Фантастичният авторитет на Хъбъл е забавил повсеместното изследване на куповете – първият каталог се появява едва през 1958 г. (на Ейбл). Докато по времето на Хъбъл е било възприемано, че основните тухлички на Вселената са галактиките, то днес се смята, че куповете са фундаменталните елементи. Ако основите на наблюдателната космология са поставени от Хъбъл, то теоретичните основи датират от 1916 г., когато Айнщайн завършва Общата теория на относителността. Куриозно е, че най-напред се разработва релативистичната космология, докато нютоновата (нерелативистичната) се обосновава по-късно.<sup>2</sup>

Айнщайн търси статични решения на своите уравнения и не е удовлетворен. Така Айнщайн, който е убеден, че Вселената трябва да е статична, въвежда членът  $\Lambda$ ,



наречен *космологичен член на Айнщайн*. Ако  $\Lambda > 0$ , неговото действие е еквивалентно на отблъскване. Според Едингтън (1930 г.) моделът на Айнщайн е нестабилен. По-късно Александър Фридман (1922 г.) намира нестатични решения, от които следва, че Вселената би могла да се разширява (или свива). Решенията на Фридман са преоткрити от Жорж Лъометр (1927 г.), който същата година получава докторска степен в Масачузетския технологически институт. Сега обикновено уравнението се наричат с имената на Фридман и Лъометр. Но първооткривателят е Фридман.

С Лъометр идеята за всеобщото разширение на Вселената започва да си пробива път. По-късно Айнщайн нарича въвеждането на  $\Lambda$  “най-голямата грешка в моя живот”. И като че ли работата с космологичния член приключва. Но не би.

През 1967 г. се наблюдаваше струпване на квазари с червено отместване  $z = 1,95^3$  и някои космолози извикаха на помощ  $\Lambda$  - за да обяснят забавяне на разширението при това червено отместване. Въпросът се реши и без космологичния член (тъй като струпването се оказа флуктуация).  $\Lambda$  отново тъне в забрава. Изваждат го преди няколко години. Днес той също се отбелязва с  $\Lambda$ , но вече се нарича *енергия на вакуума*. Фаворизираният днес космологичен модел на Вселената не може да мине без  $\Lambda$  !

Айнщайн е първият, въвел космологичния принцип, който накратко може да се формулира така: Вселената е една и съща, независимо от положението на наблюдателя. Или: глобалните характеристики на Вселената са едни и същи, независимо от местоположението на наблюдателите. В този си вариант космологичният принцип върши добра работа. Той е продължение на Коперниковия принцип и просто изразява ужаса на астрономите от мисълта, че ние заемаме централно или привилегировано положение във Вселената.

Обаче по времето, когато Хърман Бонди, Томас Голд и Фред Хойл разработваха теорията на *стационарната Вселена* – steady state theory – 1948 г., беше предложен съвършеният космологичен принцип: Вселената е една и съща за *всеки наблюдател във всеки момент*. Този принцип не е оперативен, той не само не дава нещо ново, но и отрича нещо известно.<sup>4</sup>

През 1948 г. школата на Джордж (Георгий) Гамов (Ралф Алфър и Робърт Хърман), основавайки се на разширяването на Вселената, показаха, че в миналото тя трябва да е имала освен голяма плътност и много висока температура. От това твърде далечно минало е останало реликтовото лъчение, изпълващо Вселената, с температура между 5 K и 50 K.

През 1964 г. Арно Пензиъс и Робърт Уилсън съвършено случайно откриха фоновото лъчение, идващо от всички точки на небето. От тогава започна победоносният поход на Големия взрив (**Big Bang**), понякога наричан и Горещият голям взрив или Горещата Вселена<sup>5</sup> (за разлика от Студената Вселена).

Следващите големи стъпки бяха направени през 1992 г. и 1998-99 гг. Може би 1998 г. е преломна за наблюдателната космология, тъй като именно тогава бяха направени открития, недвусмислено подкрепящи т.нар. Голям взрив + Студена тъмна материя.

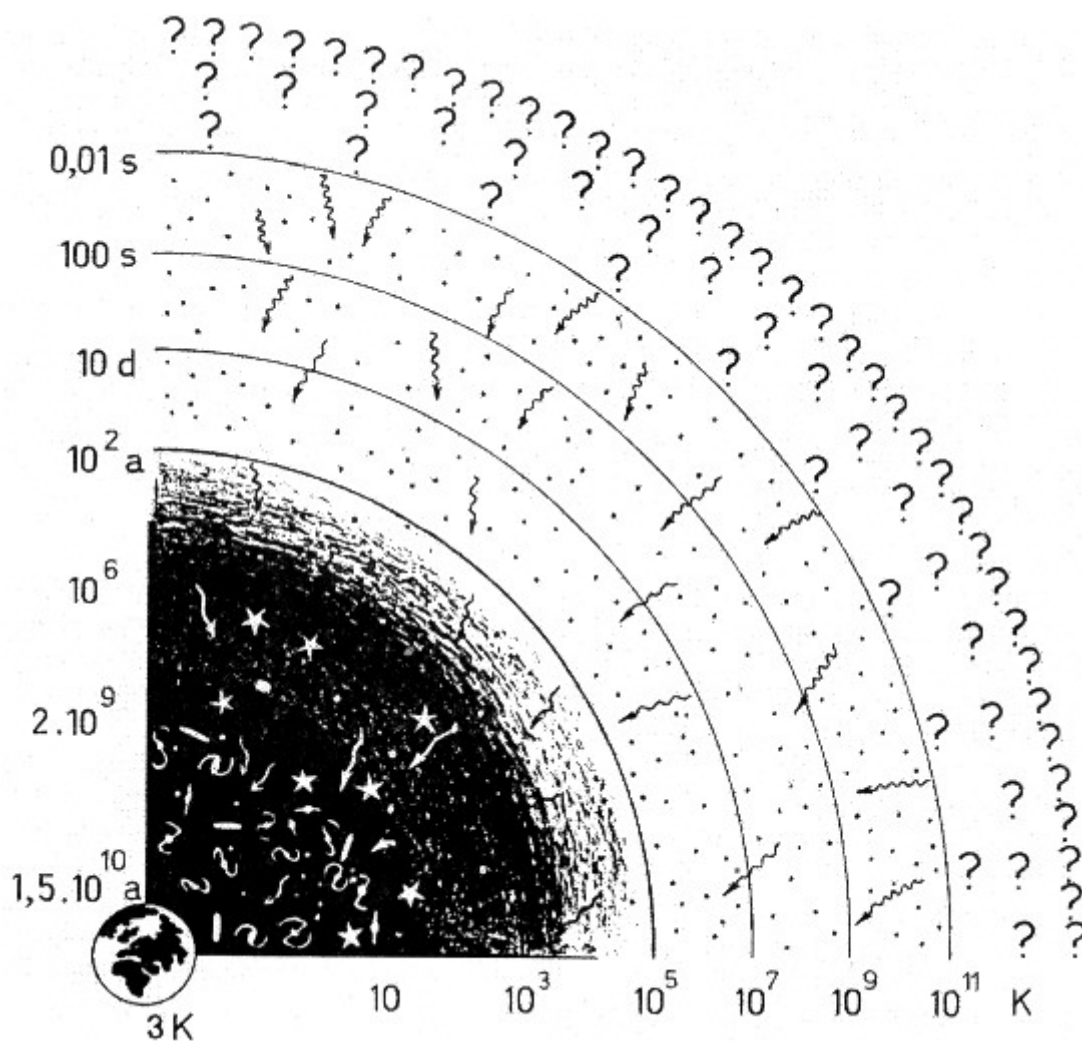
### Накратко за Големия взрив

Преди около 15 милиарда години се е случило нещо невероятно създаването на нашата Вселена. Вселената е "родена" разширяваща се, така че освен специфичните физически процеси, се е осъществявало и изстиване, понижаване на температурата. След последователната смяна на различни ери е започнало образуването на обектите, докато в сегашната епоха Вселената е вече силно структурирана. Около нас съществуват най-разнородни обекти, като общото между тях е йерархията.

Слънчевата система сама по себе си е една йерархична структура (да се надяваме, че има и други подобни), състояща се от субструктури – планетни системи, астероидни семейства и фамилии, кометни семейства, облаци от комети. Същото е и в Млечния път и в другите галактики – двойни звезди, кратни звезди купове от звезди, спирали, комплекси и др. Същото важи и за света на галактиките – двойни галактики, гнезда от галактики, мултиплети, групи от галактики, купове, свръхкупове. И като че ли тук йерархията се прекъсва – по-гигантски структури изглежда не съществуват. Размерите на най-големите свръхкупове от галактики са от порядъка на 60-120 Мрс.

Йерархичните структури сигурно са свързани с тяхното формиране.

Достатъчно е да се съобрази, че колкото по-далечни обекти наблюдаваме, толкова по-млади ги виждаме и изведнъж дълбокият смисъл на диаграмата от фигурата се изяснява.



В центъра е Земята, на възраст около 15 милиарда години (за  $H_0 = 65 \text{ km}/(\text{s.Mpc})$ ) и с температура на фоновото лъчение около 3 К. Най-структурирана е близката Вселена – до около 1 Грс. Сред по-далечните обекти структурността намалява. Стигаме до най-младите галактики – зад тях масивни обекти все още не са се образували, а в най-далечното минало е имало само лъчение. С увеличаване на разстоянието намалява и нашата информираност за състоянието на Вселената. Възрастта и температурата са посочени само информативно.

След малко по-подробно описание на Големия взрив, близо до т.нар. Стандартен модел, въведен още преди повече от четвърт век с леката ръка на Стивън Уайнбърг.

Никаква информация не е достъпна за момента  $t = 0$  и е абсолютно безсмислено да си задаваме въпроса какво е било преди това.

Съществено е времето около  $t = 10^{-43} \text{ s}$  – това е *Планковата ера*, когато плътността е  $10^{94} \text{ g/cm}^3$ . Само успешното намиране на съвременния философски камък – *Теория на всичко*, ще ни помогне да разберем станалите физически процеси. Това време се нарича и *ера на квантовата гравитация*.

До  $t = 10^{-35}$  s е ерата на Великото обединение, когато е приложима Теорията на Великото обединение. Тогава започва **инфлацията** (вж. по-долу) и настъпва ерата на доминиращия вакуум. Краят на инфлацията е при  $t = 10^{-32}$  s.

Около  $t = 10^{-12}$  s е ерата на слабите взаимодействия и тогава започва ерата на лъчение. При  $t = 10$  s се образуват нуклоните и мюонното неутрино се отделя от антинеутрино, а при  $t \approx 1$  s е отделянето при електронното неутрино.

При  $t \approx 4$  s имаме аниhilация на електрони и позитрони и около  $t = 100$  s се синтезират D,  $^3\text{He}$  и  $^7\text{Li}$ . Тогава температурата е около  $10^9$  K. Процесите за тази епоха са получени от данните на физиката на високите енергии и ядрената физика, екстраполирани за високите плътности и температури.

При  $t \approx 10^{13}$  s  $\approx 150\,000$  a (това отговаря на  $z \approx 1000$ ) става отделянето на барионите от лъчението. Тогава температурата е около 4000 K и се образуват атомите. От тогава датира и космическото фоново лъчение.

Структурите започват да се образуват при  $t \approx 10^9$  a (при  $z = 2 \div 10$ ); започва формирането на квазарите, галактиките, структурите нарастват, създават се слети обекти (mergers).

При  $t = 1,5 \cdot 10^{10}$  год имаме съвременната епоха.

Ясно е, че фигурата не е съвсем точна, тъй като все пак знаем нещо за времето  $t \leq 10^{-2}$  s.

След 1972 г. много работи се промениха – Стандартният модел непрекъснато се видоизменяше и допълваше с нови и потвърждаващи наблюдения и все си оставаше “стандартен”. Най-сериозната добавка е инфлацията.

Границите на приложимост на съвременната физика лесно може да се установят.

Да разгледаме толкова компактен обект, че да се съдържа в Шварцшилдовия радиус. От гледна точка на квантовата механика размерите му трябва да са сравними с Комптъновата дължина на вълната. Имаме

$$t_p \equiv (hG/2\pi c^5)^{1/2},$$

Планковото време (Планкова ера),

$$\rho_p \equiv 2\pi c^5/hG^2,$$

Планковата плътност (в Планковата ера),

$$T_p \sim (c^2 \rho_p/a)^{1/4} \sim 10^{32} \text{ K},$$

Планковата температура, където  $a$  е константата на плътността на излъчване.

Следователно за време  $t < t_p$  законите на физиката не работят.

## Китовете

Съвременната представа за Големия взрив се базира върху няколко големи и средни кита.

Най-големият кит е **законът на Хъбъл** или **всеобщото разширение на Вселената**, предсказано от Фридман въз основа на ОТО. Този факт може да се разглежда като независимо потвърждение на Айнщайновата гравитационна теория. Разширението е открито от Хъбъл (1929 г.). Най-простият израз е  $V = H_0 R$ , където  $R$  е разстоянието, а  $H_0$  е константата на Хъбъл за сегашната епоха.<sup>6</sup>  $H_0$  определя пространствената и времевата скала на Вселената. Съгласно космологичния принцип, който сигурно е изпълнен за по-големи разстояния, Вселената е еднородна и изотропна. И това е валидно само ако в закона на Хъбъл имаме  $R$  на първа степен и  $H_0$  е константа. В противен случай космологичният принцип ще бъде нарушен.

Може би най-важният въпрос в миналото беше определянето на  $H_0$  с по-малка неопределеност.

Вече няколко десетилетия две групи спорят за константата на Хъбъл – Жерар дьо Вокулъор и съавтори -  $H_0 = 100 \text{ km}/(\text{s.Mpc})$  и Алан Сандейдж и Густав Таман -  $H_0 = 50 \text{ km}/(\text{s.Mpc})$ . С втората стойност Вселената е два пъти по-голяма и два пъти по-стара. Малко преди смъртта си през 1995 г. д-р Вокулъор незначително намали своята оценка, а Таман незначително я увеличи.

Толкова ли беше трудно да се намери достоверна оценка на  $H_0$ ? Наистина е неимоверно трудно.<sup>7</sup>

Едва през 1998 г. резултатите от наблюденията с Космическия телескоп “Хъбъл” и с телескопите Кек се стигна до консенсус:

$$H_0 = 65 \pm 5 \text{ km}/(\text{s.Mpc}),$$

което води до  $T_0 = 15.10^9$  а (Сол Перлмютер и др., 1998 – 1999 гг.), Брайън Шмид и др. (1998 г.) Бари Мадоре и др. (1998 – 1999 г.), Уенди Фрийдман и др. (1998 – 1999 г.). Някои статии още не са публикувани, но благодарение на [www](http://www) са достояние на всички интересувачи се. Броят на авторите на някои статии е твърде голям (напр. с Перлмютер – 32 души) и по интернационалност напомнят многоавторските статии по физика на елементарните частици.

Всеобщото разширение определено сочи, че по-младата Вселена трябва да притежава по-висока плътност и по-малки размери. Проста екстраполация в миналото води до Големия взрив, когато Вселената се е намирала в странно състояние – сингулярно, за което нищо не знаем.

Вторият кит е **Космическото фоново лъчение** или Микровълновото космическо излъчване. Може би най-правилен е терминът, предложен от Йосиф Шкловски – **реликтов радиоизлъчване**. И този кит е предсказан теоретично.

Школата на Гамов, когато предлага теорията за Големия взрив, прави два важни извода – в далечното минало е имало *ера на излъчване*, когато Вселената е съдържала

предимно радиация (значително превишаваща плътността на материята) и радиацията е оцеляла при разширението на Вселената чак до наши дни.

През 1964 г., когато Пензиас и Уилсън (Лабораториите Бел) откриват фоново шумене, за което получиха Нобеловата награда за физика за 1978 г., те не подозират какво е това. По същото това време Джим Пийблс в Принстън повтаря пресмятанията на Гамов. Ако най-разпространените елементи във Вселената водород и хелий са се образували при температура 3000 К и оттогава Вселената се е разширила около 1000 пъти, температурата на реликтовото радиоизлъчване сега трябва да е 10 К. По-детайлно изследване на Робърт Дике и Пийблс доведе до 3 К. И двамата са били убедени, че са първите, които започват експеримент по детектиране на реликтовото радиоизлъчване ...

Пензиас и Уилсън оценяват температурата наистина на 3 К. *Днес, най-добрата оценка на температурата на фоновото лъчение е  $3,728 \pm 0,002$  К.* Спектърът на реликтовото радиоизлъчване е Планков, както и би трябвало да се очаква.

Съществуването на космическото микровълново лъчение подкрепя само космологията на Големия взрив. То е необяснимо в теорията на стационарната Вселена.

Ясно е, че реликтовото радиоизлъчване е отглас от Големия взрив. Но днес имаме и съвършено независимо потвърждение, което дори може да се разглежда и като друг кит.

Неотдавна е измерена температурата на далечни междугалактични облаци – тя се оказала 7,6 К – тъкмо толкова, колкото трябва да бъде на това разстояние (или в онзи момент).

Между другото фоновото радиоизлъчване е най-мощният инструмент за изучаването на движението на Земята (и на Слънчевата система), защото представлява естествена абсолютна (доколкото това прилагателно е приложимо) отправна система. От самото откриване на фона са търсени флуктуации в измерената температура, т.е.  $\Delta T/T$ . Намерените неголеми флуктуации имат диполен характер и позволяват само една единствена интерпретация в термини скорост на наблюдателя – около 360 km/s. Това е изключително важен въпрос и той има отношение към кинематиката и динамиката на близката Вселена, към полето на скоростите, към Местния свръхкуп и към интригуващия Велик Атрактор, но тук ние няма да го разглеждаме.

Третият кит е **Нуклеосинтезът на елементите**, разгледан за пръв път от Гамов.

Същността е много проста. Успехът при Големия взрив се състои в това, че теорията предсказва сегашното обилие на леките елементи. Според нея днешното обилие на He, в първо приближение, трябва да е 24 %, а всичко останало е H, докато наблюденията дават 23 % с формална грешка 0,4 % (за презастраховка се приема грешка 1 %). Вярно е, че хелий се произвежда в недра на звездите, но произведеното количество е нищожно и не нарушава първоначалния баланс He – H.

Измежду четирите най-леки елемента най-чувствително към плътността на обикновената (барионна) материя в Големия взрив е производството на деутерия. Затова Дейвид Шрам и Майкъл Търнър през 1998 г. го нарекоха “бариометър”. За съжаление деутерият е твърде “деликатен” и много лесно чезне при ядрените реакции в

звездите. Обаче през същата година Дейвид Тайтлър и Скот Бърлис успяха да измерят обилието на деутерия в далечни водородни облаци. Тези наблюдения налагат силни ограничения на обикновената материя – само  $(5 \pm 0,5) \%$  от критичната средна плътност на Вселената (за  $H_0 = 65 \text{ km/(s.Mpc)}$ ). Този резултат не е неочакван, тъй като много други съображения и размисли водеха именно до тези 5 %. Друго е, все пак, когато има чисто наблюдателно потвърждение.

И така, от най-обща физическа гледна точка, без да се изисква някаква нова физика, без въвеждането на каквито и да са свободни параметри, предсказаното, в рамките на Големия взрив, днешно обилие на елементите се съгласува с днешните наблюдения за  $\text{H}$ ,  ${}^4\text{He}$ ,  $\text{D}$ ,  ${}^3\text{He}$  и  ${}^7\text{Li}$ , наредени по разпространение.

Четвъртият кит са флуктуации в реликтовото радиоизлъчване.

Те са търсени още от 1965 г. Първите наблюдения бяха неточни, но наблюдателната техника бързо се усъвършенстваше и  $\Delta T/T$  беше мерено с точност до  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ . Най-напред беше открита скоростта на Земята по отношение на отправната система на реликтовото радиоизлъчване, но истински флуктуации не бяха намерени. А това е фундаментален въпрос.

Ако липсват флуктуации във фоновото лъчение, съществуването на каквито и да са космически обекти е необяснимо. По всеобщо убеждение (а и никаква друга идея не е предлагана) всички структури се зараждат вследствие на гравитационната нестабилност: започва колапс, но без фатален край (черна дупка) и се образува някакъв обект – протозвезда, която се развива в звезда, ако при налягането в централните ѝ части се достигне висока температура и се създадат условия за ядрени реакции. В противен случай обектът е неосъществена звезда (например кафяво джудже).

Фоновото лъчение е взаимодействало за последен път с веществото само преди 150 000 години след Големия взрив. Тогава във веществото е трябвало да има наченки на структури, безусловно създали флуктуации в температурата.

Търсенето на флуктуации в реликтовото радиоизлъчване постигна успех през 1992 г., когато Джордж Смут и неговата група съобщиха за  $\Delta T/T \gg 10^{-5}$  (с помощта на спътника COBE – COsmic Background Explorer) на НАСА, изстрелян през 1989 г.

Откриването на тези флуктуации е пряко свързано с теориите за образуването на структурите. Успешно работеща теория, обясняваща произхода на всички структури, все още не е разработена, но основните идеи вече са предложени.

Големият взрив се базира и върху други по-малки китове, но ние няма да ги разглеждаме. До тук е ясно, че теорията за Големия взрив е непротиворечива и изпълнява най-силното изискване към съвременната теория – предсказване на нови явления.

Но теорията оставяше и все още оставя неразрешени въпроси. В недалечното минало това беше въпросът за гладкостта на реликтовия фон.

Да разгледаме две раздалечени области върху небесната сфера. С точност до  $\Delta T/T \gg 10^{-4}$  те имат една и съща температура. Защо – след като не са причинно свързани? Откъде едната област *знае* каква е температурата на другата?

И друг въпрос – до преди двадесетина години се смяташе, че средната плътност на материята е 10 % от т.нар. критична плътност, което изисква плоско пространство. Защо наблюдаваната плътност е толкова близка до критичната? Защо не е 0,0001 % или 1000 %?

Тези, както и други подобни въпроси, намериха своето естествено обяснение, а именно, че в достатъчно ранна епоха младата Вселена се е разширявала експоненциално. От тук – **инфлация**. Така се обяснява изравняването на температурите. А инфлационната Вселена просто предсказва плоско пространство.

Теорията за инфлацията е разработена от Алан Гут (1981 г.) и Андрей Линде (1982 г.).

### Космологични параметри

В космологията се въвеждат няколко параметъра, които описват най-общите възможни свойства на Вселената. Параметрите не са независими и това позволява тяхното съгласуване.

**Константата на Хъбъл** се дефинира с  $H = \dot{e}/a$ , където  $a$  е мащабният фактор. Наистина, като пренебрегнем пекулярните скорости и не разглеждаме гравитационно свързани системи, физическото разстояние между две галактики е

$$R(t) = R^0 a(t),$$

а скоростта на разширение е  $V = \dot{R} = R^0 \dot{a} = R \dot{a}/a \equiv H R$ .

Класическите методи за определяне на константата на Хъбъл са чрез *индикатори на разстоянието* и с помощта на *диаграмата на Хъбъл*. Индикаторите на разстояние представляват обекти, които имат една и съща светимост (в космологията подобни обекти се наричат *стандартни свеци* – candles) и тяхното разсейване не е голямо (малка космическа дисперсия). За индикатори се използват цефеидите и други променливи звезди, най-ярките звезди в галактиките, размерите на водородните облаци, сферичните звездни купове, дебелината на пресечените спирални галактики, самите размери на галактиките и др. Най-трудната стъпка беше определянето на разстоянията до т.нар. първични индикатори, които се наблюдават в нашата Галактика и в най-близките ни съседни галактики. После се прилагат вторични индикатори – наблюдаеми в по-далечните галактики, третични и т.н. Естествено всеки следващ индикатор трябва да се калибрира по предишния и това увеличава грешката в  $H_0$ .

Всъщност всяко калибриране внася систематични грешки и именно те бяха най-голямата беда в извънгалактичната астрономия. Истинско чудо е, че константата на Хъбъл беше локализирана само в интервала  $(50 \div 100)$  km/(s.Mpc). До преди няколко години грешка от 100 % при определянето на  $H_0$  се възприемаше като естествена. Споменаваните от някои автори грешки от  $1 \text{ s} \pm (21, 15, 10, 7, 6)$  km/(s.Mpc) са формални и не отразяват систематичните грешки.



Диаграмата на Хъбъл е връзката между  $\lg z$  (или  $\lg V$ ) и звездната величина  $m$ . Тя също се отнася само за стандартни източници (от които например трябва да се изключат квазарите), макар че е приложима и за извадка от някаква генерална съвкупност – например елиптични галактики; тогава диаграмата има голямо разсейване, само увеличаването на статистиката позволява да се оцени  $H_0$ .

Днес се прилагат нови методи, които, съчетани с прогреса на наблюдателната техника (Космическият телескоп "Хъбъл", серията от 10 m телескопи и чувствителните твърдотелни приемници - не фотоплака) водят до радикално редуциране на систематичните грешки.

Ето някои от новите методи.

*Гравитационни лещи.* Те са следствие от знаменития Айнщайнов ефект от ОТО за изкривяване на светлинните лъчи в гравитационни полета. По-рано са смятали, че далечна звезда, наблюдаема в съседство с близка звезда, ще бъде видимо отместена. Още Орест Хволсон (1924 г.) е отбелязал, че трябва да се наблюдават и учетворени образи, а също и пръстени - когато далечната звезда е точно зад близката. Айнщайн е обърнал внимание, че този ефект е ненаблюдаем при звезди, а Цвики (1937 г.) предсказва, че гравитационните лещи трябва да са галактики и купове от галактики и ги нарича *естествени телескопи*. Теорията на гравитационните лещи е започнала да се разработва от Айнщайн още през 1912 г., когато е извел уравнението на лещата (съхранен ръкопис; Айнщайн не е сметнал, че това е работа, достойна за публикуване). В ново време теорията започва да се разработва от Шур Рефсдал (1964 г.) и благодарение на много учени като че ли вече е завършена. Предсказани са много разнообразни явления - *кръстове* и *пръстени* (наричани на Айнщайн), *дъги*, *дъгички*, *мултиплетни образи* и много други.

Първата гравитационна леща е открита през 1979 г. - оказва се, че двоен квазар, наблюдаван първоначално в радиодиапазона, има два идентични оптически спектъра. Първото предположение, че това е гравитационна леща, се оказва вярно и бе потвърдено с наблюдаването на самата галактика-леща. Днес са известни около стотина гравитационни лещи и те представляват изключително мощен инструмент за изучаване на Вселената. Това, че гравитационният потенциал действа като коефициент на пречупване, ни позволява наистина като с естествен телескоп да наблюдаваме обекти, недостижими за съвременните телескопи.

Най-важното в случая е, че всички теоретични предсказани явления са наблюдавани. Това е може би най-големият триумф на физиката и сигурно е най-блестящото постижение на ОТО. Следващото трябва да бъдат черните дупки, за които днес има много косвени, но все още не и директни, наблюдателни доказателства.

Та още Рафсдал е разгледал случая, когато гравитационната леща формира два образа на далечен променлив обект. Тъй като лъчите до двата образа изминават различни пътища, то кривите на блясъка ще бъдат отместени във времето. Елементарно е само по разликата във времето да се определи  $H_0$ . И то без да се знаят характеристиките нито на далечния източник, нито на лещата.

Наблюдавани са десетина променливи квазара и за три от тях времевата разлика е определена – от порядъка на стотици денонощия. Предварителната оценка е  $H_0 = (64 \pm 7) \text{ km/(s.Mpc)}$ , обаче систематичната е  $\pm 9 \text{ km/(s.Mpc)}$ .

*Ефект на Сюняев-Зелдович.* Този ефект е предсказан от Рашид Сюняев и Яков Зелдович през 1969 г.; фотоните на реликтовото радиоизлъчване изпитват обратно Комптъново разсейване от горещите електрони на рентгеновия газ ( $T \approx 10^7 \text{ K}$ ) в куповете от галактики и създаденият декремент в космическото фоново лъчение може да бъде измерен. Това позволява оценяването на  $H_0$ . Засега този метод не е точен и дава  $50 < H_0 < 70$ . Надеждите са в изстрелването на рентгеновата обсерватория “Чандра” (от Чандрасекар; по първоначален проект това е AXAF) и тогава точността ще се повиши.

*Свръхнови от тип Ia (SNIa).* Това е всъщност класически индикатор, но в съвременно изпълнение. Разработва се като основен (ключов) проект с Космическия телескоп "Хъбъл", специално ориентиран към оценяването на  $H_0$ , а също и на други космологични параметри. Цитираният по-горе резултат  $H_0 = (65 \pm 5) \text{ km/(s.Mpc)}$ , е получен с най-големите телескопи.

**Параметър на плътността  $W$ .** Съгласно уравнението на Фридман, свързващо плътността, геометрията и еволюцията на Вселената,

$$H^2 = 8\pi G\rho_m/3 - k/a^2 + \Lambda/3$$

се определят

$$\Omega_m = 8\pi G\rho_m/3H_0^2,$$

*параметър на плътността на материята,*

$$\Omega_k = -k/a^2H_0^2,$$

*член на кривината и*

$$\Omega_\Lambda = \Lambda/3H_0^2,$$

*плътност на енергията на вакуума.*

Ако Вселената е плоска, имаме  $\Omega_m + \Omega_\Lambda = 1$ . [Параметрите  $\Omega$  са нормирани към критичната плътност  $\Omega_0 = 1$  за плоска Вселена. Ако  $\Omega_0 > 1$ , Вселената трябва да е отворена или хиперболична; при  $\Omega_0 < 1$  тя е затворена, сферична].

Определянето на сегашната пълна плътност

$$\Omega_0 = \Omega_m + \Omega_k + \Omega_\Lambda$$

съвсем не е проста работа и като че ли съществуват непреодолими трудности.

През 1933 г. Цвики<sup>8</sup> за пръв път приложи вириалната теорема за най-близкия, почти симетричен, богат куп от галактики в съзвездията Косите на Вероника и установи, че

този куп съдържа от 10 до 100 пъти по-голяма маса от тази, която се *вижда* като галактики.

Оттогава датира проблемът за скритата маса или както сега се нарича тъмната маса (dark matter). Този въпрос беше подценяван до около 1970 г., когато вече се натрупаха много наблюдения за всякакви структури – галактики, групи, купове. При това относителното съдържание на тъмната маса нараства с йерархията.

Мислимо обяснение преди двадесетина години бяха потоци от неутрина. Днес, обаче, има наблюдателни указания (свръхновата SN1987A, Супер-Камиоканде), че масата на неутриното не може да обясни проблема.

Кандидатите за обяснение се разделят на гореща (hot) и студена (cold) тъмна материя. Горещата включва релативистичните частици, а студената – нерелативистичните частици или обекти. Към студената се отнасят всякакви тела – планети, кафяви джуджета и др. От друга страна натрупани са много аргументи за съществуването на небарионна материя – това могат да бъдат *аксиони, неутралино, слабовзаимодействащи частици* (WIMP) или други екзотични частици, които са предлагани от специалистите по елементарни частици. Предложенията на астрономите са твърде тривиални – барионни тела, някои от които съществуват, а други следват от теорията за образуване и еволюция на звездите – те се наричат масивни астрофизични компактни обекти в халото (MACHO). От кривите на въртене на галактиките следва, че тъмната материя е разположена предимно в халото и Млечният път не представлява изключение.

Най-примамливи са кафявите джуджета с маса  $< 0,08 M_{\odot}$ , защото, съгласно теорията, те са обекти, в които не са заработили термоядрените реакции. Те трябва да са многобройни. Досега не е наблюдаван нито един подобен обект.

Разработен е стандартен начин за търсене – с помощта на гравитационните микролеци. Наблюдават се много звезди от близка галактика – в съзвездие Андромеда, от Големия или Малкия Магеланови облаци, към централните части на Галактиката. Ако съществуват тъмни звездopodobни тела, то при относителното движение на телата и звездите ще има случки на видимо силно сближаване и тъмните тела ще действат като гравитационни лещи. Няма шанс да регистрираме отклонение на светлината (което е нищожно), но блясъкът на звездата ще се увеличи, ще достигне максимум и симетрично ще се намали.

Няколко екипа работят през последните години и са “прегледани” десетки милиони звезди, като са открити стотина подобни случки. Значи микролеци наистина съществуват, но оценките за техните маси са  $(0,1 \div 0,5) M_{\odot}$ . Тези обекти, които все още не са идентифицирани (могат да бъдат неизвестен тип население), не са достатъчни да ликвидират проблема.

Остават други кандидати – бели джуджета, неутронни звезди, черни дупки. Предполагаме, че могат да бъдат и масивни черни дупки, но днес те (с маси  $> 10^4 M_{\odot}$ ) са изключени от кандидатите, тъй като никакви следи от динамическо въздействие върху близките галактики-джуджета не е наблюдавано.

И все пак каква би могла да бъде тъмната материя?

Още през 1983 г. Саймън Уайт, Карлос Франк и Марк Дейвис изследваха поведението на горещата тъмна материя. Те установиха, че в този случай структурите трябва да се образуват отгоре надолу по йерархия – най-напред свръхкуповите, после куповите и най-накрая – галактиките. Това е така защото релятивистичните частици изравняват плътностите при по-дребни мащаби. Наблюденията определено сочат, че галактиките са се образували при  $z = 2 - 6$ , куповите  $z = 0 - 1$ , а свръхкуповите продължават да се образуват в съвременната епоха. Следователно във Вселената трябва да се съдържа студена тъмна материя. Наблюдателните оценки са приведени от споменатите по-горе автори през 1998 г., като се добавят Джоузеф Силк (1999 г.), Търнър (1994 г.), Адам Рийс и др. (1998 г.).

Най-напред  $\Omega_m = 40 \% \pm 10 \%$ , което е много голямо постижение. (През юни 1999 г. е получена малко по-различна оценка:  $\Omega_m = 0,28^{+0,09}_{-0,08}$  със симетрични грешки  $\pm 0,05$ ). Във всеки случай кали  $\Omega_m$  е 30, 40 или 50 % не е толкова съществено (поне засега)). За барионната плътност оценката е  $\Omega_b = 5 \% \pm 0,5 \%$ . Това просто означава, че 95 % от Вселената (по маса, или по енергия,  $E = mc^2$  (!)) е съставена от друга материя, а не от която сме съставени ние.

Най-вероятните кандидати за преобладаващата екзотична материя е студената – аксиони и неутрино (и двете частици все още не са наблюдаеми).

Тъй като инфлацията изисква плоска Вселена, недостигащата част е около 60 %. Много прецизни (и хитри!) наблюдения показват, че тази част не се съдържа в куповите от галактики. Тя трябва да е разсеяна шо-годе еднородно във Вселената.

Съгласно ОТО източник на гравитацията е плътността на енергията  $+3p$ , където  $p$  е налягането. Но ако налягането е съществено отрицателно, каквото и трябва да бъде, тъй като недостигащата част е равномерно разпределена в пространството – ефектът от гравитацията трябва да е не притегляне, а отблъскване!

Но от тук следва потресаващият факт, че въведеният от Сандейдж *параметър на забавянето*  $q_0 = (\Omega_0/2)(1 + 3p/\rho)$  в действителност е параметър на ускорението и  $q_0 < 0$  при  $p < -\rho/3$ .

Всичко това би било много хубаво, ако може да се провери чрез наблюдения. И ето идваме до 1998 г., когато то наистина е тествано от колективите на Перлмютър и на Брайън Шмет (Рийс и др., 1998 г.).

Разширението на Вселената е всъщност едно мащабиране на всички разстояния. Ако измерваме *сега* скоростта на галактиките, те строго трябва да следват закона на Хъбъл. Обаче, наблюдавайки далечните галактики, ние проникваме в пространството и назад във времето. Ако разширението се забавя, далечните галактики трябва да се движат по-бързо, отколкото предсказва законът на Хъбъл. Наблюденията и на двете групи определено показват, че далечните галактики се движат по-бавно. **Скоростта на разширението се увеличава!**

Така барионната материя във Вселената е 5 %, а 35 % са аксиони и неутрони (реликтови масивни частици) и енергията на вакуума е 60 %.

**Възраст на Вселената  $T_0$ .** Най-новата оценка (юни 1999 г.) не се отличава от получената през 1998 г.:  $T_0 = 14,9^{+1,4}_{-1,1}$  млрд год и е за плоска Вселена и не се нуждае от корекция.

### Заклучение

Така описаната оптимистична картина за миналото и сегашното състояние на Вселената се споделя от много астрономи, но не от всичките. Вярно е, че няма пълни песимисти. Но Пийблс и Фрийдман, които активно допринасят за изясняване на най-сложните въпроси от теоретично и наблюдателно естество, могат да се нарекат частични песимисти. Докато са съгласни с оценката  $\Omega_m = 0,3 - 0,4$  и с  $H_0 = 65 - 75$  km/(s.Mpc), според тях все още не е проведен достоверен тест за плоска Вселена.

Има и други несъгласни – относно природата на тъмната материя, възрастта на Вселената и др.

В заключение ще опишем някои важни задачи и проблеми на наблюдателната космология.

#### 1. Картографиране на днешната Вселена.

Подготвя се огромен обзор за картографиране на Вселената – SDSS (Sloan Digital Sky Survey), в който ще се изучават положенията и светимостите на 100 милиона обекта, като ще се измерят техните червени отмествания и ще се провежда фотометрия на  $10^6$  галактики и  $10^5$  квазари. Правят са и други обзори, но с по-скромни обеми.

#### 2. Картографиране на младата (на 150 000 год) Вселена.

Спътникът COBE картографира реликтовото радиоизлъчване с разделителна способност  $10^\circ$ . Новият спътник на НАСА MAP (Microwave Anisotropy Probe) ще бъде изстрелян през 2000 г., а спътникът на ESA (European Space Agency) – Planck Surveyor – ще бъде изстрелян през 2007 г. и ще те ще имат 100 пъти по-добра разделителна способност -  $0^\circ,1$ .

Създадените карти ще бъдат неоценим източник на информация за състоянието на Вселената преди образуването на първите звезди и галактики. Много проблеми на космологията ще бъдат решени. Днешната парадигма за **Големия взрив + инфлация + студена тъмна материя** ще бъде проверена.

#### 3. Проблемът за тъмната материя все още не е решен. Необходими са изследвания във физиката на елементарните частици, експерименти (те вече са предвидени в Лабораторията Ферми и в CERN), както и нови наблюдения (особено при гравитационни лещи) за разпределението на тъмната материя.

#### 4. Първичният нуклеосинтез при Големия взрив не е напълно разбран. Предстоят още много изследвания.

5. Необходимо е уточняване на космологичните параметри, както и получаване на по-достоверни данни за възрастта на най-старите звезди.

6. Толкова време вече се говори и пише за гравитационните вълни и все още не са открити. Тяхното детектиране може да се окаже твърде важно за космологията.

7. Много важен проблем, за пръв път изказан от Търнър, е следният: Ако наистина Вселената ускорява разширяването си, то голяма част от критичната плътност ще съществува във формата на тъмна енергия. Тази енергия засяга най-вече фундаменталната физика, но ако тя съществува, това ще засегне предимно бъдещето на Вселената.

Успехите на космологията в навечерието на новото хилядолетие са такива, за каквито никой не е мечтал до преди две години.

В статията са използвани някои резултати, получени при изпълнението на договор Ф-721/1997 г., финансиран от НФ “НИ”.

### Бележки

<sup>1</sup> Астрономията в САЩ започва да се развива през втората половина на 19-ти век. Американските астрономи веднага осъзнават предимствата на големите телескопи. В началото на нашия век друг голям астроном – Джордж Елери Хейл проектира 2,5 m телескоп и убеждава финансиста Хукър да отпусне необходимата сума. (Този случай е пресъздаден от Теодор Драйзер във “Финансиста”). Големият телескоп в Маунт Уилсън е наречен Хукър. Пак Хейл е в основата на планове за 5 m телескоп (Маунт Паломар), наречен Хейл.

Монополът на САЩ беше отнет от СССР за повече от две десетилетия със 6 m телескоп (Специална Астрофизическа Обсерватория, Кавказ). В първите години, когато САО имаха трудности с телескопа, съветските астрономи разказваха вица за оръдието “Цар Пушка”, което никога не е стреляло, за камбаната “Цар Калакол”, която никога не е звъняла и за “Цар Телескоп”, с който никога няма да се наблюдава.

През последните години в астрономическата оптика беше извършена революция – започнаха да се създават тънки огледала и съставни (многоогледални) телескопи. През последните две години на Хавайските острови (Мауна Кеа) са завършени близнаците телескопи Кек I и Кек II (по името на фондацията Кек), с диаметри 10 m. В Южно-европейската обсерватория (Паранал, Чили) почти е завършен първият от четирите 8 m телескопи, които ще могат да работят и като интерферометри.

Огромно постижение е и Космическият телескоп “Хъбъл”, а вече се подготвя и друг по-голям орбитален телескоп.

<sup>2</sup> Нютон е имал всички основания и възможности да създаде нерелативистична космология. Той сигурно е разсъждавал върху това, но нищо не е публикувал. Когато един млад духовник (Ричард Бентли) му изпраща ръкопис за мнение, Нютон отговаря с четири (знаменити) писма. В една безкрайна Вселена, според Нютон, не е възможно цялата материя да се събере в едно (да колапсира), а ще се образуват безкраен брой

колапсирани обекти. Във второто издание на “Математически принципи на натуралната философия” Нютон вмъква текст, от който следва, че в големи мащаби Вселената е стабилна, но в малки области материята може да се кондензира и да се образуват звезди.

Следователно Нютон е бил на крачка от обяснението на произхода на звездите.

<sup>3</sup> Червеното отместване е  $z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda$ , където Доплеровото отместване е  $\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$ ,  $\lambda$  е дължината на вълната от спектъра на обекта,  $\lambda_0$  – стандартната, лабораторна, дължина на вълната. Тъй като  $V = cz$  и по закона на Хъбъл  $V = RH_0$ , то  $R = V/H_0$  е разстоянието до обекта (галактика, куп, квазар). *Константата на Хъбъл*  $H_0$  [km/(s.Mpc)] определя пространствената и времева скала на Вселената. Индексът нула се отнася за космологичните “константи”, определяни за настоящата епоха. Всъщност  $H$  не е константа. Определянето на  $R$  [Mpc], като  $1 \text{ pc} = 3,08 \cdot 10^{18} \text{ cm}$ , диктува пространствената скала, а  $T_0 = 1/H_0$  [s] определя времевата. Така  $T_0$  се нарича *възраст на Вселената*.

Връзката  $V = cz$  е приложима само за  $z \ll 1$ . При по-големи червени отмествания трябва да се работи с доплеровата формула от специалната теория на относителността:

$$V = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} c$$

и тогава  $V \rightarrow c$  при  $z \rightarrow \infty$ .

Само някои от най-близките галактики имат отрицателни скорости (отместването е “синьо”, те се приближават към нашата Галактика. Тези скорости са от порядъка на  $(0 \div -400) \text{ km/s}$ .

За всички скорости  $V \geq 1000 \text{ km/s}$  е приложим законът на Хъбъл и от лъчевата скорост се определя разстоянието до обекта.

Но при големи  $z$  в космологията не се определят разстояния, а се работи само със  $z$ , тъй като разстоянията за различните космологични модели значително се различават.

За най-далечния оптически наблюдаван обект (квазар)  $z \approx 6,68$ . Докато лабораторната дължина на  $\text{La}$  е  $\lambda_0 = 1215 \text{ \AA}$ , отместената дължина е  $\lambda = (z+1)\lambda_0 \approx 9300 \text{ \AA}$ ! Съответната скорост е  $290\,000 \text{ km/s}$ , а разстоянието –  $4,5 \text{ Gpc}$  (за  $H_0 = 65 \text{ km/(s.Mpc)}$ ).

<sup>4</sup> В класическата астрономия (до началото на 20-ти век) Вселената можеше да се разглежда като нееволюционна. С изключение на някои явления (нови звезди, собствени движения на звездите) нямаше никакви указания за еволюция. От 1910 – 1920 гг. идеите за еволюция навлязоха в астрофизиката – най-напред се започна със звездите, после – около 1960 г. – с групи и купове от звезди и от 1965 – 1970 гг. фактически еволюцията навлезе навсякъде.

Въвеждането на свършения космологичен принцип изглежда чиста глупост, тъй като отхвърля всякаква еволюция. Вярно е, че авторите на теорията за стационарната

Вселена в по-късни работи предложиха идеята и за развитие на отделните обекти, но като цяло Вселената не би могла да еволюира. Съвсем накратко – според тази теория, за да се поддържа например постоянна средна плътност на материята, щом Вселената се разширява, трябва да има компенсация. Въвежда се *C* поле, което сътворява материя.

Теорията на стационарната Вселена е напълно отхвърлена с откриването на микровълновото фоново лъчение.

<sup>5</sup> Терминът Голям взрив не е предложен от доброжелател. За пръв път е употребен от Фред Хойл в лекции по BBC (издадени през 1950 г. в книгата “Природата на Вселената”). Според Хойл самата идея за Големия взрив е неудовлетворителна и не си струва да се разработва, тъй като се сблъсква със сериозни трудности – например в нашата Галактика няма и най-малката следа, че подобен взрив се е случил.

Още Льомер е имал някакво прозрение за Големия взрив – във всеки случай бил сигурен, че Вселената води началото си от някакво свръхплътно състояние. Той го е нарекъл **Първичния атом** (това е и названието на неговата книга).

Гамов е предложил **Голямото свиване** а по-късно *илем* или *айлем* (ylem) – първоначалната субстанция на елементите.

Терминът **Голям взрив** не е най-удачният, защото нито е имало взрив, нито пък е бил голям, но вече е добил право на гражданство.

<sup>6</sup> Законът на Хъбъл е имал и научни, и ненаучни, както и идейни противници.

Мнозина недоумяват как така Вселената (цялата?) се разширява. Други смятат, че **всичко** се разширява. Спомням си преди четиридесетина години как един чуждестранен учен (а не беше ли академик?) ни учеше в БАН, че и Земята се разширява и всички тектонични процеси се обяснявали със закона на Хъбъл ... Някои хора не могат да проумеят, че всички гравитационно свързани системи – галактики, купове от галактики, да не говорим за звезди и планети – не участват в разширението.

Много хипотези са предлагани за обясняване на червеното отместване – най-популярна беше т.нар. *изморяване* (аз бих го нарекъл измаряне) *на светлината*. Пътувайки милиони и милиарди години фотоните се изморяват, губят енергия и “*почервяват*”.

Други направо отричат разширението. До преди тридесетина години на всички семинари, доклади и сборки у нас, на които само се зачекваше червеното отместване, ставаха физици (измежду известните), твърдейки, че Вселената не може да се разширява (защото не може!).

А споровете във философските среди, също у нас, продължиха и още по-късно. Само един философ (но с физическо образование) – Азаря Поликаров – знаеше истината и я отстояваше. Веднъж една моя лекция във Философския институт бе прекратена, а друг път едва не се стигна до физическа разправа ... Но такива бяха времената – генетика, кибернетика, космология. (Не сте ли се замисляли защо чак след като в “белите” страни терминът *кибернетика* отшумя, той започна да се употребява в страните от соцлагера?) От друга страна съветските и българските философи бяха “факири” в разкриване на философските “тайни” на квантовата механика. Що остана от тези изследвания – само



пожълтялата хартия (но тя не бива да се изхвърля). Нека ни напомня за миналото. Докато съм жив ще си съхранявам една книга - “зелената опасност”, в която черно на жълто е написано, че Айнщайн е мракобесник.

Откритието на Хъбъл е изисквало голяма интелектуална смелост. В съвременните диаграми на Хъбъл този участък ( $V < 1000 \text{ km/s}$ ) въобще не се запълва, тъй като трудно се проследява линейната връзка  $V - R$  или  $m - V$ , (по-точно  $\lg V$  или  $\lg z$ , тъй като звездната величина  $m$  всъщност е логаритъм от блясъка или яркостта).

От друга страна, и преди и сега, авторството на Хъбъл се оспорва. Първият, който започва систематично измерване на лъчевите скорости на галактиките, е Весто Слайфър. Тогава тези измервания съвсем не са били лесни – необходими са били десетки часове експонация за регистриране на един спектър на галактика. През 1923 г. Слайфър е разполагал със скоростите на 41 галактики, от които 36 са имали положителна скорост. Синьо отместване е било регистрирано само при 5 близки галактики. При далечните галактики има само червено отместване.

Сигурно е, че Едингтън е имал необикновена интуиция, тъй като в книгата си “Математическа теория на относителността” (1922 г.) той привежда в таблица всички известни лъчеви скорости на галактиките – без да обяснява защо. (Тази книга още тогава е преведена на руски и беше основното помагало за ОТО на старото поколение български физици.)

По същото време Карл Виртц предлага съотношение между скоростите и видимите диаметри на галактиките (по-далечните имат по-малки диаметри). През 1928 г. Хауард Робъртсън използва скоростите на Слайфър и разстоянията на Хъбъл и наемка, че има връзка между разстояния и скорости. Но това е публикувано във *Philosophical magazine* и не развълнува никой астроном. Следващата година Хъбъл използва своите разстояния и обявява в *Съобщения на Националната академия на науките* това, което ние сега наричаме **закон на Хъбъл**. Неговото авторство е безспорно.

<sup>7</sup> Първоначалната оценка на Хъбъл е била  $H_0 = 500 \text{ km/(s.Mpc)}$ , което веднага води до възраст на Вселената  $T_0 = 2 \cdot 10^9$  год. Това е напълно неприемливо, тъй като Вселената би трябвало да е по-млада от Слънцето, дори от Земята. Тогава се пороци колизията между “кратката” и “дългата” скала.

През 1952 г. Бааде откри слабо място в обработката на наблюденията от Хъбъл (при т.нар. нулпункт) и увеличи двукратно разстоянията във Вселената. Първият каталог на червените отмествания (Милтън Хюмасън, Николас Мейол и Сандейдж, 1956 г.) доведе до  $180 \text{ km/(s.Mpc)}$ . От тогава до днес  $H_0$  все намалява. Още през 1970 г. д-р Вокулъор публикува диаграма – по абсцисата нанася годините след около 1600 г., когато епископ Ъшър “оцени” датата на сътворението на света, а по ординатата – възрастта на Вселената. Връзката е линейна – възрастта на Вселената се увеличава с хода на годините ...

Сега като че ли няма сблъсък между “кратката” и “дългата” скала. Най-старите звезди (Брайън Чабойър и др., 1998 г.) имат възраст  $12 \cdot 10^9$  год и всичко си пасва. (Но това е само за фаворизирания днес космологичен модел, в който забавянето на разширяването не е съществено. Друг е въпросът, че ако забавянето има съществено влияние,  $T_0 = 2H_0/3$  и няма съгласие между двете възрасти.)

<sup>8</sup> Фриц Цвики (1898 – 1974) е роден във Варна в семейството на швейцарски дипломат. Той беше професор в Калифорнийския технологичен институт и започна кариерата си като физик-теоретик. Автор е на редици открития (в най-широк диапазон – балистика, ракети, статистическа физика, нови обекти – неутронни звезди, компактни галактики и много други). В областта на извънгалактичната астрономия само Хъбъл може да му съперничи. Автор е на най-големия каталог на галактики и купове от галактики, на стотици статии и няколко книги. Той е и един от създателите на UNICEF.

Преди няколко години американски астрономи предприеха шеговите изследване (но без резултат) – кой е вторият астроном по оригиналност, тъй като първото място, изглежда завинаги, безспорно принадлежи на Цвики. Той не признаваше разширението на Вселената – лъчевите скорости на галактиките той наричаше *индикативни*, имаше разпавии с редакции на големи астрономически списания, които му изпращаха отрицателни рецензии, подиграваше се с известни астрономи, осмели се да публикува недомислени статии (и всичко това е описано от него с необикновено цветист език). В огромното мнозинство от случаите Цвики се оказваше прав.

Цвики и Ейбъл (автор на най-представителния каталог на купове от галактики) водеха непрекъснато спорове на всички специализирани конгреси и симпозиуми. Ейбъл търсеше доказателства за съществуването на свръхкупове от галактики, а Цвики винаги го оборваше.

Аз имах честта да познавам и двамата. Ейбъл беше изключително коректен човек с голяма обща култура. Малко астрономи си губят времето за оборване на астрологията, парапсихологията и други лъжеучения, а Ейбъл пишеше статии и книги, изнасяше лекции, даваше интервюта.

Цвики беше пряк човек. Достатъчно беше някой да го запита: Откъде следва еди-кое си уравнение във вашата “Морфологична астрономия”? – за да отвърне хавливо: Защо се занимавате с астрономия, ако не можете да разберете това?

През 1967 г. докладвах в Прага на Международния астрономически конгрес работа по търсене на свръхкупове с корелационни функции. Бяха ми зададени въпроси, изпълнени с недоверие. Двама души ме защитиха – Цвики и Амбарцумян. Прави им чест, че въпреки моите езикови трудности те разбраха за какво става дума.

# 1932: ЕДНА "ЧУДОДЕЙНА ГОДИНА" ЗА ЯДРЕНАТА ФИЗИКА

Джеф Хъджис,

(От Центъра по история на науката, технологията и медицината към  
Манчестерския университет в Англия)

Кой не знае, че 1932 година е преломна в историята на ядрената физика? Авторите се позовават почти винаги на поразителното трио открития през тази година: откриването на неутрона от Джеймс Чадуик, идентифицирането на позитрона от Карл Д. Андерсън и първото изкуствено разпадане на атомното ядро с помощта на ускорител на частици от Джон Кокрофт и Ърнест Уолтън. Според традиционните описания тези три открития са преобразили ядрената физика, изграждайки основите, върху които са водени всички бъдещи изследвания. Така неутронът не само позволява да се опрости ядрената теория. Той е ключов елемент при откриването на изкуствената радиоактивност от Жолио-Кюри през 1934 г. и по-късно при откриването на деленето на ядрото през 1938 г. от Ото Хан, Фриц Щрасман и Лиза Майтнер. Позитронът пък поражда нова концепция за космичното лъчение и открива перспективи за откриване на нови видове частици. Накрая изкуственото разпадане откри века на машините в ядрената физика. То инициира царството на разцепване на ядрото, царство, което продължи през целия 20-ти век, за да достигне днес своя апогей със широкообхватните опити в ЦЕРН (Европейския център за ядрени изследвания в Женева).

Тези открития на 1932 г. позволяват да се говори за **annus mirabilis** (чудодейна година) на ядрената физика. Този латински израз произлиза от 17-ти век: през времето на английското Възраждане поетът Джон Драйдън дал това заглавие на свой панегирик (хвалебствие) за 1666 г., известна с големия пожар в Лондон и войната с холандците. Изразът се употребява три века в различни случаи, най-често при важни политически събития. На свой ред го присвояват учените и историците на физиката. Някои статии са озаглавени "Към чудодейната година", но много други се основават на същата мисъл, без да се изразяват така ясно. Изглежда, че никой разказ за ядрената физика не би могъл да мине само с портрета на група изследователи, които работят през 1932 г. в Кавендишката лаборатория на Кеймбриджския университет, без легендата за чудодейната година. Никакво описание не може да избегне припомнянето на авторите на новите открития: Чадуик, Кокрофт, Уолтън и, разбира се, директора на лабораторията Ърнест Ръдърфорд, който остава неин патрон до смъртта си през 1937 г.

Понятието чудодейна година не се свежда само до използването на литературен израз. То служи да припомни тези три открития и играе важна роля в оценката на ядрената физика. Но този израз поставя един проблем. Той признава решаващия характер на събитията от 1932 г., макар че през следващите години стават ред не по-малко важни събития. Например неутронът не е преобразил ядрената физика веднага, тъй като е обект на спорове поне две години след своето откриване. "Чудодейна година" отразява в действителност една ретроспективна оценка.

Тук няма нищо особено. Знаем добре, че има тенденция историята на науките да се пише ретроспективно. Това е подбор между печеливши и губещи, между истините и грешките в хода на развитието. Дали "чудодейната година" не беше закъсняло творение на учените и историците? Историята в действителност е много по-интересна, понеже този израз е бил използван от учените в Кавендишката лаборатория от средата на тридесетте години с точно определена цел, която тук ще разкрием.

Историята започва през 1911 г. със създаване на ядрения модел на атома от Ръдърфорд, преди Н. Бор и други да му дадат математическа формулировка. Но този модел се възприема постепенно от физиците и химиците, дори в лоното на ръдърфордовата специалност - радиоактивността. През 1919 г. Ръдърфорд съобщава, че водородни ядра (протони) могат да бъдат изхвърлени от азотните ядра чрез бомбардиране с алфа-частици, произхождащи от радиоактивни вещества. Това е сериозен довод в полза на ядрената хипотеза.

Същата година, на път от университета в Манчестер към Кавендишката лаборатория в Кеймбридж, Ръдърфорд набелязва нова програма за теоретични и експериментални изследвания върху структурата на атома. Той представя своите последни открития на лекция през 1920 г. Описва ядрата на някои от леките елементи като сбор от подредени по различен начин протони и електрони и дава главните линии на своето виждане за бъдещето на ядрените изследвания. За да се стигне до разбиране на структурата на ядрото, той предвижда систематично използване на експериментите за разпадане на ядрото в съчетание с данните, давани от масовия спектрограф на Ф. У. Астон, мъглинната камера на С. Т. С. Уилсън и разни други инструменти.

Техниката на изследване на разпадането, посочена от Ръдърфорд, почива върху метода на сцинтилациите: атомните фрагменти, получени от разлагането на ядрото, удрят плака с цинков сулфид и предизвикват малки изсветвания, които наричаме сцинтилации. Когато опитът се извършва в тъмна стая, тези сцинтилации могат да се броят с микроскоп и по този начин се събира информация за това, което е станало по време на експеримента. Но тези операции са твърде трудни за провеждане. Те са трудоемки, продължителни и уморяват зрението на този, който брои сцинтилациите; те могат да бъдат опорочени от радиоактивно замърсяване, неопитност, загуба на концентрацията по време на броенето и т.н. Гаранцията за достоверността на тези експерименти и информацията, която произтича от тях, изискват твърде специални протоколи. Джеймс Чадуик, помощник на Ръдърфорд в Кеймбридж, налага прочее твърде строги условия в метода на броене: той избира сътрудници с голяма надеждност, редовни в работата си, фиксира максимална продължителност на опитите и т.н. Благодарение на тази строгост Чадуик и колегите му в Кеймбридж достигат постепенно сигурност в резултатите от опитите и получените заключения.

След световната война финансовите ресурси в Европа са оскъдни и малко лаборатории се ангажират с истинска програма за ядрени изследвания. При все това, през 1923 г. резултатите на групата на Ръдърфорд са обект на ожесточени спорове. Ханс Петерсон и Герхард Кирш, двама млади изследователи в Института по радиови изследвания във Виена, повтарят кеймбриджските експерименти. Те успяват да получат ядрено разпадане по-лесно от британските си колеги. В частност, те твърдят че могат да разрушат ядрата на въглерода или кислорода, докато изследователите от Кавендишката лаборатория поддържат, че тези елементи не се поддават на разлагане. Разногласието е остро, понеже ядрената теория на Ръдърфорд почива тъкмо върху специфичното

поведение на въглерода и кислорода! Разпратата между Кеймбридж и Виена се фокусира бързо върху протоколите от експериментите и качеството на използваните инструменти и приспособления. Има жив обмен на публикуваните статии и изобилна частна кореспонденция. Всяка страна се опитва да постави пръст върху експерименталните или теоретичните недостатъци на другите. Но напразно: през 1927 г. острият спор е все още в задънена улица, а всеки изтъква легитимността и превъзходството на своя лагер.

През декември 1927 г. Чадуик решава да посети лично Института за радиови изследвания. Представяйки протокола за броене от Кавендишката лаборатория на виенските преброители на сцинтилации, той успява да покаже, че елементите на спора не могат да се преодолеят, ако се приложат условията за работа в Кеймбридж. Ако тази развръзка изглежда да дава основание на методите в британската лаборатория, тя има иронично следствие: хвърля съмнение върху универсалната приложимост на метода на сцинтилациите, който е в основата на ядрените търсения през предшестващите петнадесетина години. Налага се създаване на независим метод ... Изработват се две стратегии.

От една страна определен брой хора, произлезли от европейските лаборатории, особено Ханс Гайгер и неговите сътрудници и студенти Валтер Боте, Ото Клемперер и Валтер Мюлер, влагат всичките си усилия в метода за електрическо броене. Става дума, между другото, да се предложи алтернатива на метода на сцинтилациите. Благодарение на подходящи радиолампи и прецизни електронни схеми, чието развитие е свързано с напредъка на радиопромишлеността, методите на броене като този на Гайгер-Мюлер се налагат бързо в ядрената физика. Въпреки проблемите при първите приложения, тази нова техника позволява да се броят много повече частици, което не е възможно с метода на сцинтилациите – бавен и малко ефективен. Тогава се отварят нови експериментални възможности. Например с фотоапаратура, мъглинна камера и силно магнитно поле електронните броячи позволяват да се създадат детектори, способни да фотографират автоматично поведението на частиците от космичното лъчение. Човешкият фактор губи своето значение ...

От друга страна експериментаторите замислят използване на нови обстрелващи частици за предизвикване на разпадането на елементите. През 20-те години изследванията върху атомното ядро бяха ограничени: алфа-частиците се излъчваха с определени енергии в зависимост от използваните естествени радиоактивни вещества. В края на 20-те години Кавендишката лаборатория работи в тясна връзка с електрическата промишленост - Джон Кокрофт отива в предприятието за електрическа промишленост Метрополитън-Викерс, където е запазил солидни връзки. Лабораторията въвлеча света на ядрената физика в развитието на нови машини, които ускоряват субатомните частици, за да разбият атомите. Тъй като поведението на лъчението и веществото се третира в светлината на новата вълнова механика на Шрьодингер, Хайзенберг и техните колеги, физиците започват да виждат в ядрото не прост конгломерат от частици, а сложно квантово явление. По този начин към 1930 г. се установяват нови методи на работа във физиката, основани на мощни апарати, електрически и фотографски детектори и на квантовата механика.

Новите технологии изискват голямо разнообразие от специалности. Операторите, които конструират и модифицират радиосхемите, притежават същите възможности, както тези, позволяващи например да се конструира веригата на брояч на заредени частици. Така че изследователите могат да обхванат голям брой ядрени изследвания, а

Кеймбридж и Виена вече не са единствените групи, които работят върху ядрото през 1930 г. Има ги в Берлин, Париж, Хале, Рим, Вашингтон, Бъркли и т.н. Някои лаборатории са по-добре екипирани от другите, но развитието на дисциплината води до силно нарастване на обема на изследванията. Именно тази комбинация от социални и материални фактори е в основата на събитията през 1932 г.

Един от резултатите на 1930 г. произлиза от едно наблюдение на Валтер Боте в Берлин: при бомбардиране на берилий с алфа-частици, излъчени от полоний, не се получава очакваното разпадане, а интензивно гама-лъчение. Това наблюдение е потвърдено от други изследователи, между които Ирен и Фредерик Жолио-Кюри в Париж. Всеки опитва да разбере наблюдението на Боте, но само Джеймс Чадуик в Кеймбридж успява да осъществи систематични опити върху това странно лъчение с помощта на мъглинна камера и нови електрически броячи. През февруари 1932 г. той посочва, че това лъчение в действителност е съставено от частици, които нямат електричен заряд. То прилича на смес от протони и електрони: той го кръщава "неутрони". Неговото предложение бързо е възприето. След това много лаборатории получават неутрони и боравят с тях. Но има разногласие върху това какво е неутронът: експериментаторите не се споразумяват за масата му, докато теоретиците се питат дали става дума за смес от протони и електрони, както мисли Чадуик, или за нова елементарна частица. Както и да е, тук се налага една двойна забележка: именно съвкупността от нови технологии, широко разпространени в недра на ядрената физика, позволи да се открие неутронът и да му се даде плът. Обратно, неутронът заздравява единството на новата общност физици, фокусирайки вниманието върху цялата дисциплина.

Новите технологии поставят проблеми пред физиците. През 20-те години опитите се правят в малки мащаби, в рамките на лабораторията. През 30-те години машините не са нито твърде големи, нито твърде мощни, за да разбият атомите. Кокрофт и Уолтън са първите, които успяват да разрушат ядрото благодарение на частици, ускорени от електрично поле. На други места други учени и инженери замислят различни модели ускорители, за да изследват структурата на атомното ядро, но понякога и заради самото удоволствие да създават нови технологии. В Масачузетския технологичен институт (МТИ) инженерът и физикът Роберт Ван де Грааф замисля и изработва огромен електростатичен генератор, способен да произведе частици с желаната енергия. В КалТех, Пасадена, група, ръководена от Чарлз Лауритсен, конструира ускорител с висок волтаж с индустриални размери с помощта на електрическата индустрия. В Калифорнийския университет, Бъркли, Ърнест Лоурънс изобретява и конструира първия от серията циклотрони: тези машини ускоряват частици до още по-големи енергии вързу квазикръгови орбити под действието на мощни електрически и магнитни полета.

В началото на 30-те години тези групи и техните различни проекти са влезли в ожесточено съперничество за произвеждане на апаратури, които са стабилни при твърде високите енергии, изисквани от ядрените изследвания. Всички се опитват да постигнат по-високи енергии, мотивирани от откриващите се огромните научни възможности. Изработването на машини става отсега нататък неразделна съставна част на физиката. И това е тази нова повратна точка на технологичната политика, която ни довежда до *annus mirabilis*.

От 1934 г. физиците в Кембридж осъзнават, че електростатичният генератор на Ван де Грааф и циклотронът на Лоурънс предлагат реални възможности за ядрени изследвания.

Кокрофт, Чадуик и други по-млади сътрудници на Кавендишката лаборатория разбират, че ако Кембриджският университет иска да продължи своята водеща роля в ядрената физика, трябва на всяка цена да доставят тези модерни ускорители. В противен случай твърде скоро САЩ ще им станат наставници. Но ускорителите струват изключително скъпо при тяхното конструиране, поддържане и функциониране. Икономическата криза е навсякъде. Кавендишката лаборатория страда вече от липса на място и няма достатъчно фондове, за да финансира амбициозните проекти на своите млади членове. Какво да се прави?

Невъзможно е да се разчита на собствените ресурси на лабораторията. Бързо се изработва алтернативно решение. През 1934 г. отговорниците на Кавендиш организират подписка. Поканват се богатите "приятели на науката и Кембридж", в частност индустриалци, да докажат своята щедрост. Лабораторията, както повечето лаборатории по ядрена физика, вече е използвала подаръци или дарения от индустрията. Сега се надяват да извлекат полза от тези контакти чрез тази официална постъпка, която има предвид старите дарители и евентуално нови благодетели.

Основата на този апел за подписка трябва да бъде публикуването на брошура, в която се разказва за забележителната история и изключителните успехи на лабораторията. Тук трябва да се изложи и нуждата от нови помещения и съоръжения. Изборът на автор става предмет на по-голяма грижа. Нужен е виден човек, меродавен в предмета на физиката, чийто стил може да убеди визириания лекторат. Но в нея не трябва да има нищо повече от това, което е тясно свързано с лабораторията, за да не се хвърли съмнение върху самостоятелността и искреността на брошурата. Изборът, който прави Ръдърфорд, е отличен. Той пада върху сър Артър С. Едингтън, член на Тринити колидж. Едингтън е професор по астрономия в Кембриджския университет, изтъкнат член на Кралското дружество и автор на наскоро излезли книги, ползващи се с голям успех ("Науката и невидимият свят", "Разширяващата се Вселена").

Едингтън е знаменит от началото на 30-те години: той въвежда идеите на Айнщайн във Великобритания, публикува своите популярни работи върху космологията и философията на науките и е ангажиран в публичен спор с математика и космолога сър Джеймс Джинс, чиято популярност е не по-малка от неговата. За Ръдърфорд Едингтън е идеалната личност, на която се поверява задачата "да даде представа за величието на наследството, което се опитваме да запазим за бъдещето".

За тази цел Едингтън посещава лабораторията през октомври 1934 г. Той извлича материал за текст от 70 страници с лирично звучене. Озаглавен просто "Кавендишката лаборатория", той започва с подчертаване на необходимостта от нови помещения "в една епоха, когато старите сгради не са повече пригодни за съвременните нужди". Изтъквайки практическите успехи на лабораторията през последните 60 години, Едингтън се спира върху имената на великите хора, преминали оттам, между които двамата лордове Рейли, Амброз Флеминг, Пол Ланжевен, Нилс Бор и много други.

В безупречна проза Едингтън описва откритията на Дж. Дж. Томсън и Ръдърфорд в областта на атома, след което запитва: "Как да си представим новото овладяване на

природните сили и новите континенти на мисълта, които ще създадат за нас тези хора и през идващите години ще продължат наследството на Кавендиш в ново обширно жилище?"

Ето кое е възпламеняващото. Но най-доброто тепърва предстои. Преди да се стигне до неотдавнашните трудове на лабораторията, Едингтън оформя това, което ще стане централен образ на ядрената физика "От 1932 г. до 1933 г. изтеклите дванадесет месеца бяха една истинска чудодейна година за експерименталната физика (и не за ядрената физика - *б.а.*). През предходните години приносите са правени най-често в теоретичната физика, докато експерименталната физика върви спокойно по своя път. Впоследствие се получава серия експериментални успехи. Те са не само учудващи сами по себе си, но крият огромни възможности за по-нататъшни изследвания. Днес лабораториите са се впуснали в експериментална разточителност, която е притиснала теоретичната физика, без да я заглуши."

В тази обстановка на светкавичен прогрес има една опасност, обяснява Едингтън: "Настъпило е време да се загрижим за спешните материални нужди на лабораторията. Най-добрите умове рискуват да бъдат поставени в неизгодните работни условия от отминал век." "Лабораторията - заключава той, отправя апел за финансиране, за да остане в челната редица на научните институции, за да направи така, че да отстъпят границите на човешкото познание, за да стигнем до нови континенти на мисълта и да разпрострем нашето господство над силите на природата."

Защо Едингтън е избрал израза "чудодейна година"? Несъмнено могат да се призоват признаците на културно благородство и литературно значение на цитата. Но може да се помисли и за по-непосредствено влияние, което би могла да има една предишна кампания на пропаганда в полза на науката - при това в Кембридж, предприета няколко години по-рано. Към 100-годишнината от създаването на Британската асоциация за развитие на науката през 1831 г. в действителност се чества откриването на електромагнитната индукция от Майкъл Фарадей и годишнината от раждането на Джеймс Кларк Максуел. Максуел е бил първият директор на Кавендишката лаборатория и следователно е било нормално празненствата да се проведат в Кембридж в присъствието на изтъкнати учени от цял свят и значително медийно покритие. В традицията на похвалните речи за великите предтечи Александър Ръсел, радиохимик в Оксфорд и бивш ученик на Ръдърфорд, е написал статия върху честванията за голямото публично периодично издание "*19-ти век и след него*". Той я е озаглавил "*1831: annus mirabilis*". Твърде възможно е Едингтън да е приспособил находката на Ръсел за своите собствени цели ...

Какъвто и да е източникът на израза, използван от Едингтън, той поразява въображението и се запазва до наши дни. Това ни кара да се запитаме за причините на неговия успех. Едингтън е използвал този израз с твърде определена цел. Но как да се обясни фактът, че всички свидетели на дебатите върху ядрената физика от 30-те години го подемат без никаква критична дистанция? Накрая, има една допълнителна загадка: как се е преминало от чудодейната година на експерименталната физика през 1932-1933 г., по Едингтън, към чудодейната година на ядрената физика през 1932 г.? (Това навярно има своите емоционални корени - прекрачването на границата на нова структурна област на материята очевидно напълно го заслужава - *бел. прев.*)



Тук се намесва Артър Айв, колега на Ръдърфорд и автор на неговата първа биография. Описвайки успехите на Ръдърфорд през 30-те години, Айв заема на свой ред израза на Ръдърфорд (като го приписва погрешно на зет му, физико-математика Фаулър), но го прилага към 1932 г. и ядрената физика. От работата на Артър Айв до брошурата на Едингтън за Кавендишката лаборатория са изминали едва пет години. Но отсега нататък ядрената физика е самостоятелна дисциплина; тя е освободена от опеката на специалностите, които са я породили - атомната физика и радиоактивността. Вече е възможно да се идентифицират *a posteriori* ключовите моменти на нейната еволюция. Айв е очевидно загрижен да върне на Цезар това, което принадлежи на Ръдърфорд и Кавендишката лаборатория в този процес. Представата за чудодейна година изпълнява отлично тази цел. В действителност Айв цени толкова тази мисъл и този израз, че ги използва два пъти - веднаж за 1932 г. и втори път за 1908 г. През 1908 г. Ръдърфорд е получил голямо количество радий от своите колеги във Виена и е достигнал до нови и важни резултати в изследванията си върху радиоактивността. Айв нарича 1908 г. чудодейна година на радиоактивността, а 1932 г. чудодейна година за ядрената физика.

Останалото от тази история се разказва накратко. Втората световна война и нейният трагичен край в Нагазаки и Хирошима през 1945 г., ужасната година (*annus horribilis*), отклоняват историята на ядрената физика. Откритията от 1932 г. заемат отсега нататък място в линейния ход на един исторически процес, който върви от хипотезата за атомното ядро през 1911 г. до откриването на ядреното делене през 1938 г. Учените и историците на науката са взели оценката на Айв за чиста монета. Да прибавим към това обрата, предизвикан от студената война, където неутронът и другите открития от началото на 30-те години приемат облика на "невинно начало, предназначено да стане предизвикателство за цивилизацията" - по израза на друг историк на Кавендишката лаборатория през 1946 г. Тогава да става каквото ще! Чудодейната година на ядрената физика става общо място за исторически публикации върху темата. Днес това е клише, толкова използвано, колкото и неизбежно. След като са разкрити истинските извори на този израз, може ли да остане непроменено нашето виждане върху историята на ядрената физика?

Но какво се случва с брошурата на Едингтън? Майсторските редове на философа за историята на ядрената физика и традицията на Кавендишката лаборатория достигат напълно целта си. Те водят до завещаването на четвърт милион фунта от фабриканта на мотори сър Хърбърт Остин. По такъв начин Кавендишката лаборатория може да следва ритъма на изследванията, наложен от САЩ. Ръдърфорд ще опита, без да успее, да издейства титлата *доктор хонорис кауза* на Остин за размерите на неговата щедрост. Тя прави възможна покупката на голям електростатичен ускорител и циклотрон, както и тяхното инсталиране в нови и удобни помещения. През 1935 г. Чадуик, който е получил професорска катедра в Ливърпул, пише на Ръдърфорд, за да го поздрави за майсторския удар: "Просията, подобно на мошеничеството, се уважава, само когато се практикува в големи мащаби". Съществуването на Кавендиш е осигурено в предвидимото бъдеще. През 1936 г. то не предвещава нито идването на нов директор в Кавендиш, който малко се интересува от ядрена физика (У. Л. Брег), нито откриването на ядреното деление, нито Втората световна война.

Превод от френски (*La Recherche*, 309, Mai 1998, p. 66): **А. Карастоянов**

## АРНОЛД ЗОМЕРФЕЛД - ЗИДАРЯТ ...

Нъшан Ахабабян



"Ако много хора  
дружно и  
съгласувано се  
стремят към  
постигането на  
определена цел,  
резултатът от  
техните  
действия е  
неизмеримо по-  
голям от сумата  
на  
индивидуалните  
им усилия. В  
случая на  
наслаждане на  
амплитудите  
получаваме  
лазерен лъч, при  
сумиране на

*интензитетите -  
само светлина от  
свеци*"

А. Маклей

Той е ученик на Линдеман, Хурвиц и Хилберт, и преди всичко - на Феликс Клайн. Творчеството му обхваща над 450 публикации и над 10 тома световно известни монографии, от които са се учили няколко поколения физици през първата половина на нашия век. Спокойно може да се каже, че цялата математична конструкция на "атома на Бор", превърнал се в "атома на Бор-Зомерфелд", е негово дело - квантови орбити, спектрални линии, електромагнитни взаимодействия, разцепвания и фина структура на спектралните линии ... Негови признателни ученици са Макс фон Лауе, Петер Дебай, Вернер Хайзенберг, Волфганг Паули, Лайнъс Полинг, Ханс Бете, Исак Раби (все Нобелови лауреати), Хенрих Венцел, Фриц Лондон, Едуард Кондон, Валтер Хайтлер, Карл Екарт, Леон Брилюен, Валтер Косел, Питер Епщайн, Ото Лапорт, Алфред Ланде, Рудолф Пайерлс, и още плеяда от асове на теоретичната и квантова физика. Но той не е въвел "кванта на действие", не е предложил "планетарния модел на атома", не е написал "вълновото уравнение" или дал идеята за "относителността на движението". Всички тези "революционни" (и силно оспорвани и отричани) нововъведения той приема безрезервно и развива и утвърждава с класически средства. Приносите му са безспорни и незаменими; името му се споменава наред с корифеите. Той е основател и лидер на Мюнхенската школа по теоретична физика, която наред с Гьотингенската на Макс Борн са двата носещи стълба на немската и европейска теоретична физика от първата половина на XX век \*.

И все пак ...

Арнолд Йоханес Вилхелм Зомерфелд е роден на 5 декември 1868 г. в Кьонингсберг (прекръстен в Калининград по съветско време) - столица на Източна Прусия, където неотдавна гражданите му са си сверявали часовниците по регулярните разходки на Имануел Кант. Баща му е лекар, но предан на науката, страстен колекционер на минерали и насекоми. В гимназията негови съученици са Херман Минковски и Вили Вин. Освен с Университета си и другите културни институции, Кьонингсберг се гордее и с двата си физически института - единия по Експериментална физика и другия - по Теоретична физика, начело с Франц Нойман. Въпреки че в гимназията Зомерфелд се интересува повече от литература и история, в университета той записва да следва математика. Под влияние на професор Линдеман (решил древната задача за квадратурата на кръга, т.е. доказал че  $\pi$  е трансцендентно число), доцент Хурвиц и частен доцент Давид Хилберт, Зомерфелд се насочва към абстрактните математични дисциплини. През 1891 г. той защитава дисертация на тема "Изкуствените функции в математичната физика" и е удостоен с научната степен "доктор по философия". Това му умение - да представя различни изкуствени функции като набор от известни функции (например, собствени функции на уравнения с частни производни) остава едно от силните оръжия на Зомерфелд през целия период на творческа активност. През 1892 г. той полага изпити за право на преподаване и след година войнишка служба е назначен за асистент в

Минералогичния институт в Гьотинген - сърцето на немската и европейска математика и само след година - 1894 г. - е вече асистент на "великия Феликс" Клайн. Всъщност задължението му е да обработва лекциите на професор Клайн, които във вид на ръкописи да са на разположение в студентската библиотека. Каква по-добра възможност за най-дълбоко проникване в проблемите на математичната физика, които разработва един от олимпийците в тази област. Така например, през учебния период 1895 -96 гг. Клайн чете лекции по математична теория на пумпала. Този курс, след преработки, ще се появи като известната монографията "Теория на пумпала" от Ф. Клайн и А. Зомерфелд, претърпяла няколко издания и преводи и достигнала през 1910 г., след многократни преработки, до четири тома. Всъщност до края на живота си Зомерфелд се счита за ученик на Клайн и негов последовател - както в методите на преподаване, така и като жизнен идеал.

През 1896 г. Зомерфелд защитава дисертация на тема "Математична теория на дифракцията", с която става частен доцент, а през следващата година - професор по математика в Минната академия в Клаустал. По това време той се оженва за Йохане Хепнер - дъщеря на ректора на Гьотингенския университет. Те имат четири деца. През 1900 г. той приема предложението да заеме катедрата по техническа механика във Висшето техническо училище в Аахен и е принуден в продължение на няколко години да се занимава с технически проблеми - изработване на хармоничен анализатор, динамични аспекти на еластичността на метали, трептения в динамомашини или действието на спирачките на вагоните.

По това време авторитетът на Зомерфелд като учен е утвърден и през 1906 г. той е поканен да заеме катедрата по теоретична физика в Мюнхен, основана преди това от Болцман. Зомерфелд приема предложението и се премества в Мюнхен заедно с ученика си Петер Дебай. Трябва веднага да кажем, че Зомерфелд остава верен на тази катедра до края на творческия си живот (отклонявайки покани за Виена през 1916 г. и за Берлин - като приемник на Макс Планк през 1927 г.), превръщайки Мюнхен в един от най-мощните центрове на теоретичната физика на Европа през първата половина на XX век.

През този период - края на миналия век, интересите на физиците - теоретици са концентрирани около проблемите на прехода от старата класическа електромагнитна теория, основаваща се на представите за "действие на разстояние" към новопредложената Максвелова теория, междувременно блестящо потвърдена от експериментите на Херц. Зомерфелд решава блестящо някои задачи, свързани с разпространението на електромагнитни вълни по линейни проводници и повърхности, които са цитирани от Поанкаре, Рейли и Дуде. Скоро обаче на предния фронт на теоретичната физика възникват проблемите на динамиката на електрона - първата "елементарна" частица, експериментално утвърдена от Дж. Дж. Томсън и въведена в теорията от Х. А. Лоренц. Успоредно с това, през 1905 г., Айнщайн публикува своята "Електродинамика на движещите се тела", чийто изводи тясно корелират с динамиката на електрично заредените бързодвижещи се частици.

Първият принос на Зомерфелд в областта на теорията на относителността е свързан със скоростта на светлината в диспергиращи среди, в които се оказва, че тя може да бъде по-голяма от тази във вакуум - в явно противоречие с основното

предположение на теорията. Това е краят на 1904 г. Когато излиза статията на Айнщайн (1905 г.), Зомерфелд оттегля от публикация своя ръкопис. Решението на проблема, детайлно разработен заедно с неговия ученик Леон Брилюен (1909 г.), всъщност предшества теорията на Там и Франк, която те изграждат за обяснение на ефекта на Черенков, открит през 1934 г. През 1910 г. Зомерфелд се запознава с Айнщайн и оттогава датира тяхната дружба и ценна научна кореспонденция (издадена, когато и двамата вече не са живи, в отделен том). Оттогава е и серията работи на Зомерфелд, свързани с четиримерното представяне на релативистичната механика и електродинамика от Минковски. Термините "четири вектор" впрочем е въведен от Зомерфелд, както и операторите за градиент, дивергенция и ротация, без днес да се споменава за това. Всъщност по-нататъшното научно творчество на Зомерфелд представлява "релативизация" на квантовата физика на атома.

Такива са например серията работи, свързани с природата на рентгеновите лъчи. Този "тайнствен феномен" Зомерфелд познава още от неговото откриване, бидейки в личен контакт с Рънтген. Асиметричното разпределение на интензитета (наблюдавано от И. Щарк), забавящият характер на това лъчение, дифрактиращата способност са разработени от него с голяма вещина. Когато през 1912 г. Макс фон Лауе предсказва възможността за дифракция на рентгеновите лъчи от кристална решетка, той се обръща за помощ към Зомерфелд. И сътрудниците му Фридрих и Книппинг първи наблюдават това явление. А на 12 юли същата година той докладва в Мюнхенската академия доказателствата за вълновата природа на рентгеновите лъчи. Това е едно от постиженията, с които Зомерфелд винаги се гордее, въпреки че сам не взема непосредствено участие в него, но става в ръководения от него теоретичен отдел на Мюнхенския университет.

Въпреки че публикува стойностни резултати по класическа електродинамика - разпространението на радиовълни (съвместно с Херман Вайл и Л. Хопф), по приложения на векторния анализ в геометричната оптика (съвместно с И. Рунге), по хидродинамиката на турбулентността, стабилността на ламинарния поток и др., интересът и основната област на изследвания на Зомерфелд след 1910 г. става квантовата физика на атома. През 1913 г. той, заедно с ученика си Петер Дебай публикува обширна статия по квантовата теория на фотоелектричния ефект. През 1915 г. е първата от серията работи на Зомерфелд в областта на спектралните линии на водородния атом - изследвайки елиптичното движение на електрона, Зомерфелд установява необходимостта от три квантови числа за описване на движението му. "Пространственото квантуване" с въведените азимутално и радиално квантови числа, т.е. "атомният модел на Бор-Зомерфелд" дава обяснение на фината структура на атомните спектри, проявяващи се в електрично (ефект на Щарк) и магнитно поле (ефект на Зееман). Лемб и Ръдърфорд, макар и с несъвършена техника и значителни измервателни неточности, експериментално потвърждават теоретичните пресмятания на Зомерфелд, в които за пръв път се появява знаменитата "константа на фината структура" - единствената безразмерна величина, която може да се състави от известните вече три количествени характеристики, играещи основна роля в утвърждаващите се физични теории - за електричеството - електричен заряд на електрона  $e$ , за теорията на

относителността - скоростта на светлината  $c$ , и Планковата константа  $h$  - за квантовите явления.

Той продължава да публикува първокласни работи от областта на атомната спектроскопия заедно с ученика си А. Косел - "закона за спектралното отместване", заедно Хайзенберг и Хьонл - изследване на мултиплетите на сложни атомни системи; през 1920 г. заедно с П. Дебай въвеждат магнитното квантово число. Забележителна е широтата на научните интереси на Зомерфелд. На него принадлежи заслугата и приносите за пренасяне на идеите и методите на квантовата физика извън нейната присъща област. Заедно с ученика си Ханс Бете те прилагат принципите на квантовата механика, принципа на Паули и статистиката на Ферми за изграждане на електронна теория на металите и полупроводниците.

Всичко това нарежда Зомерфелд сред водещите теоретици в атомната физика през първата четвърт на XX век, широкото и успешно навлизане на математичните методи, разработени от него, които "слагат ред" в набрания голям набор от спектроскопични измервания. Неговата известност се утвърждава със сумиращата и обобщаваща всички изследвания в това направление книга "Строеж на атома и спектралните линии", излязла през 1923 г., скоро превърнала се в "две дебели тухли", претърпяла множество издания и преводи на чужди езици.

През цялата си многогодишна и богата на приноси творческа дейност, Зомерфелд чете лекции по класическа механика, електромагнетизъм, термодинамика и статистическа физика, оптика, математични методи на физиката. Разработени много прецизно, те са издадени и преведени на много чужди езици. Нека споменем, че руските преводи на тази книга (в шест тома), заедно с двата тома "Строеж на атома и атомните спектри" бяха важно учебно помагало на студентите-физици у нас през 50-те и 60-те години.

Тук е мястото да изтъкнем една важна особеност на изследователската дейност на Зомерфелд. Преди всичко той "не затъва" във философската или методологическа почва на квантовата физика, от която не могат да се измъкнат много от нейните създатели; той не участва в широко разгърналите се дискусии около принципа на неопределеност на Хайзенберг или принципа на допълнителност на Бор, причинност и вероятност; физиката, извличана от философски принципи, каквато е нагласата на Бор и Айнщайн му е чужда; заобикаля такива области и се насочва към проблеми, при които неговите високи математически умения работят логически безпрепятствено. Без да се занимава с вероятностната интерпретация на уравнението на Шрьодингер, той много умело използва вълновото уравнение, за да решава конкретни проблеми на квантовата физика. Много точно неговият колега Макс Борн отбелязва: "Ако различието между математичната и теоретична физика има някакво значение, Зомерфелд решително застава на страната на математиката. Неговият талант е не толкова в предсказване на нови фундаментални принципи, не в смелото комбиниране на две различни страни на едно явление, а в логическото и математично задълбочаване и обосноваване на теориите и извеждане на заключения, които биха могли да доведат до тяхното отхвърляне или приемане".

Заслужава специално да подчертаем влиянието на Зомерфелд върху съвременната физика не само посредством конкретните му лични приноси, но чрез плеядата блестящи ученици, които той възпитава. Списъкът на първокласни физици, изброен в началото или в хода на нашия разказ, не може лесно да бъде продължен - даже казват, че е по-лесно да се изброят онези, които не са били негови ученици (през онзи период), отколкото да се изчерпи списъкът ... Въпросът не е в количеството, а в качеството. Заслугата на Зомерфелд е преди всичко в това, че сам той първокласен майстор, винаги е на гребена на вълната - занимават го реални и значими проблеми. Роден прусак, закърмен с добрата "немска" организация на обучението, сам блестящ лектор и душа на ръководените от него семинари, обаятелна личност и - отговорно, заинтересовано отношение към талантливите млади хора. Винаги е на лице пряка духовна връзка между учител и ученици. Той знае как да ги държи в ръце, да им помага да преодоляват трудностите, без да накърнява личностните им особености и начини на мислене. Методът му на работа е близък на английската система на обучение - лични наставления, консултации, общуване ... Критичност, търпимост и доброжелателство. Това, което го прави основател и лидер на научна школа във физиката на XX век.

Въпреки, че "школа" е всепризнат феномен в науката, тя е толкова богата по съдържание и смислови оттенъци, че няма общоприета дефиниция за нея. Всъщност, по-характерно е тяхното различие, без да се оспорва, че са "школи". Без да отиваме твърде далеч в древността - школите на Аристотел, на Платон, на "перипатетиците" и пр., които основно се занимават с преподаване на знание, или впускане в детайли за големите учени от XVII до средата на XIX век, които в най-добрия случай имат по един - двама ученици или последователи (Нютон, Фарадей), школи в науката в съвременния смисъл възникват в края на XIX и началото на XX век., когато науката от духовна дейност на отделни личности се превръща в професия - и то социално необходима, на колективи от експерти. Обикновено школите се образуват в период на възникване на определена парадигма в научната област, съдействат за нейното утвърждаване и се разпадат след изчерпване на това. Основно целта е когнитивна - развиването на плодотворна идея или методика, но понякога доминира преподавателската и образователна компонента - разпространение на знание, метод, концепция. И нейната роля е не по-малка, защото приемствеността на знанието - "предаването на щафетата" е един от общочовешките фактори на цивилизацията въобще. Научната школа е доброволна асоциация на учени, обединени около даден лидер с признати съществени приноси, авторитет и уважение, чиито идеи несъзнателно са се превърнали във "вътрешна мотивация" на останалите участници. Всъщност самото название "школа" предполага наличието на учител и ученици. Личността на лидера - неговата ценностна ориентация, неговото обаяние и блясък определят стила на мислене и интелектуалния климат в общността, а неговите организаторски качества, осигуряват постижения на школата, чрез разгъване на творческия потенциал на участниците в нея. *"Ти даваш много даже ако и не даваш повече от примера си"* - казва Сенека. Но въпреки доминиращата роля на лидера в школата и неговото влияние върху учениците, ролята на учениците и обратната им връзка с учителя е не по-маловажна: взаимното стимулиране е основната двигателна сила в школата. Престижът на школата зависи от актуалността на третирания проблем,

същественият ѝ принос и международното ѝ влияние. Мисля, че Зомерфелд и неговата школа са най-ярка илюстрация за такава общност.

Спокойния и установен "професорски живот" на Зомерфелд включва и няколко по-дълготрайни "научни пътешествия" в чужбина. През периода 1922-1923 г. той е "гост-професор" в университета в Минесота, щат Уискънсин, САЩ. През 1926 г. чете лекции в Оксфорд, Кеймбридж, Единбург и Манчестър в Англия. През 1928-1929 г. извършва околосветско пътешествие, четейки лекции в САЩ, Япония и Индия. През следващата година посещава ред европейски страни - Унгария, Русия, Италия, Франция. Заедно с известността идват и почетните награди - доктор на университетите в Рощок, Аахен, Карлсруе, Атина; член на Кралското общество в Лондон, Националната Академия в Лондон, Академията на науките на СССР, Академията "Дей Линчеи" в Рим, Индийската Академия в Бангалор, Академиите на Берлин, Мюнхен, Виена, Гьотинген, Будапеща, Упсала, Мадрид; носител на златните медали на името на Лоренц, Планк, Ерстед, и др. Тук стигаме в подстъпите на Нобеловата награда. Въпреки, че е бил номиниран няколко пъти, той не я получава. "Светът е пълен с хора, които заслужават наградата (Нобеловата), но не са я получили и никога няма да я получат" - казва Арне Тиселиус, сам носител на Нобеловата премия по химия за 1948 г. В случая със Зомерфелд наистина нямаме основание да се жалваме за отминаване на безспорно върхово постижение (като оставим настрана субективната компонента при присъждане на наградите, личностните особености и обществени ангажменти на удостоените). Цялостното му научно творчество, обаче, "интеграла по площ", тъй да се каже, едва ли отстъпва на същата величина за много от лауреатите, чиито творчески върхове са много по-високи.

Старостта на Зомерфелд съвпада с възхода на националсоциализма в Германия, към който той не е съпричастен, и без да заема никакви антинацистки или антисемитски позиции, остава лоялен към държавата. През 1935 г. Зомерфелд е на 67 год и трябва да се пенсионира, но поради това, че не могат да му намерят заместник, остава на поста си до 1940 г. Преживява катастрофата на страната, понасяйки с достойнство и самообладание следвоенните тежести, заедно с цялото население на Германия. Занимава се с подготвяне на лекциите си за печат, когато умира на 26 април 1951 г., попадайки в нелепа улична автомобилна катастрофа.

Привърженик на квантовата физика, без да се смущава от "философските" проблеми в нея; убеден "релятивист", въпреки установеното си класическо "Максуелово" възпитание, приносите на Зомерфелд са винаги съществени и на предния фронт на науката - и то в период на най-бурния ѝ разцвет. Учен по призвание, любовта му към науката е възнаградена с радостта от творческата работа и удовлетворението от постиганите резултати. В неговата изследователска работа водещ мотив е познанието на природата, основата на творческите му постижения - точното естетическо чувство за възможни математични форми за неговото постигане, базиращо се на безпогрешна интуиция за физическата същност на проблема. Яснота и конкретност на поставената задача и кристална прозрачност и логическа прецизност при анализа са характерни черти на неговите научни публикации.



И все пак ...

Всъщност, какво се цени повече в науката? Гениалното осенение? Смелото интуитивно предположение? Рискованият преход отвъд границите на всеобщо приетата парадигма? Или къртовската работа на полето, орането и сеенето на нивата и богатите плодове, добити от нея? Все пак да не смесваме известност с приноси. Действително, за изграждането на едно здание са необходими и проект и тухли, но без майстора, който ги нарежда и хоросана, с който ги замазва, проектът едва ли може да бъде реализиран. Трябват хора за всякаква работа ... И все пак: изглежда, че основното в науката си остава удовлетворението от самата работа - когато тя е по призвание. Горко му който го няма ...

*Бележка*

\* В същия период в Германия - след идването на Хитлер на власт, възниква и "школата" на немската арийска физика, основаваща се на националсоциалистическа и расистка идеология, начело на която стоят Нобеловите лауреати Ф. Ленард и И. Щарк, която се разпада заедно с военния крах на хитлеристка Германия. Но преди това те са успели, освен многото други бели, да разгромят и разгонят Гьотингенската школа на Макс Борн и Филип Франк ...

\*\*\*

По време на великденската ваканция двама колоездачи се разхождали по долината на р. Мозел (Германия). Отбили се за почивка в една кръчма. Виното много им се усладило и те искрено го похвалили. Стопанинът, който ги сметнал за познавачи, им предложил изгодна сделка. По-възрастният от посетителите поискал книгата за гостите и след хубавите отзиви за виното написал: "Когато успея да обясня формулата на Балмер, ще дойда при Вас за вино!"

Кръчмарят не разбрал колко време трябва да чака. А смисълът на направения запис бил: "когато цъфнат налъмите".

Шегаджията се казвал Арнолд Зомерфелд, а съпровождащият го по-млад колега - Петер Дебай.

\*\*\*

# УНИКАЛНИ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА

Фрийман Дж. Дайсън

*Нови инструменти, а не нови идеи  
ще доведат утрешните чудеса на науката*

На седемнайсет години, когато станах студент в Кеймбридж, се запознах със знаменития математик Дж. Х. Харди.

Нямаше почти никой от другите математици и въобще учени, те участваха във Втората световна война. Нямаше и дипломирани студенти, а само няколко студента от горните курсове. Всичко, което беше останало от математичното общество на Кеймбридж, бяха старите и прочути професори и шепа студенти. Харди, по това време вече шейсет и четири годишен, беше депресиран и нещастен. Той вече страдаше от болестта на сърцето, която след няколко години щеше да го превърне в инвалид. Никога не говореше за войната, която бушуваше около нас; той така дълбоко се отвращаваше от войната, че въобще не беше в състояние да говори за нея. Изнасяше лекции върху чистата математика, която обичаше, на четири – пет студента, седящи около малка маса, в семинарната стая.

Той изнасяше своите лекции така, както голямата полска музикантка Ванда Ландовска свиреше Бах на клавикорда: с изключителна прецизност и яснота, но разкривайки едно страстно удоволствие за всеки, който беше способен да проникне под повърхността. Всяка лекция беше внимателно подготвена, като произведение на изкуството, и като че ли спонтанно достигаше своята интелектуална развръзка в последните пет минути на часа. За мен тези лекции бяха една опияняваща игра и аз понякога чувствах импулсивно желание да прегърна този малък стар човек с бяла коса на две крачки от мен и да му покажа своята огромна благодарност за неговата готовност да продължи да говори.

Една година преди да пристигна в Кеймбридж, Харди беше публикувал малка книжка, наречена *Апология на един математик*. Книгата беше написана за читатели без математична подготовка, които тя внимателно въвеждаше в света на математиката. Той беше много чист математик и посланието на неговата книга бе, че чистата математика е единственият вид математика, достоен за уважение. Там беше написано: математикът, също както художника или поета, е създател на модели. И ако неговите модели са по-трайни от техните, то е, защото са изградени от идеи. Той разглеждаше приложната математика като второкласна наука, която по-често причинява вреда, отколкото полза и затова я мразеше, при това особено силно, когато тя имаше нещо общо с войната. В един често цитиран пасаж, той заключаваше: “Никога не съм изработил нещо ‘полезно’. За добро или за лошо, никое мое откритие не е причинило и няма да причини, директно или индиректно, и най-незначителна вреда на този свят”.

Започнах своята кариера, следвайки стъпките на Харди, и реших няколко задачи от теорията на числата. Задачите бяха елегантни, но маловажни. После, след три години работа по теория на числата, аз се зах с приложна математика. Реших, че ще бъде

много по-вълнуващо да се опитам да разбера някои от фундаменталните загадки на природата, отколкото да продължа да доказвам теореми, представляващи интерес само за малък кръг специалисти по теория на числата. Когато взех това решение, старателно избягах да разговарям с Харди, защото знаех, че то само ще го натъжи. Няколко години по-късно, когато успешно се бях прехвърлил в приложната математика, имах желанието да му кажа, че няма качествена разлика между това, с което се занимавах в теорията на числата и това, което правех като физик. Но беше късно – той вече беше мъртъв.

През годините оттогава аз много пъти съм чувствал желание да обясня на Харди какво сторих с помощта на математиката, на която той ме научи. Понякога си позволявам да мечтая, че той ме разбира и ми прощава за това, че се отклоних от неговите идеали. През цялата си професионална дейност аз имах щастието да откривам научни области, където моите математични умения можеха да бъдат приложени успешно. Работих върху голям брой проблеми от физиката на елементарните частици, статистичната механика, физиката на кондензираната материя, астрономията и биологията.

Работих също върху инженерни проблеми, където прилагах математиката за конструирането на апарати и машини. Когато конструирах машини, често си мислех за едно друго знаменито изявление от книгата на Харди, което изразяваше в само няколко горчиви думи всичката му омраза към приложната наука: “Една наука се нарича полезна, ако нейното развитие води към задълбочаване на съществуващото неравенство в разпределението на благата или директно допринася за разрушаването на човешкото общество”. Аз исках да покажа, че Харди не е прав, като се стараех да докажа, че науката може да бъде полезна, а не вредна. Подбирайки проблемите, върху които да работя, винаги помнех предупреждението на Харди. Твърденията на Харди много често се оказват верни и затова учените трябва да се отнасят много сериозно към неговите предупреждения.

В началото на своята книга от 1997 г., *Образ и логика*, историкът на науката Питър Л. Галисън от Харвардския университет припомня реакцията на друг специалист по теория на числата и близък приятел на Харди, Гьотингенския математик Едмунд Ландау; когато до него достигнело нещо твърде приложно за неговия слух: “Смазочно масло” промърморваше той. “Машинна смазка.” Галисън продължава:

“Но именно това е, което аз искам да науча: как всички тези машини, тези газове, химикали и електроника, дават фактически сведения за най-теоретично извисените кътчета на природата ... Моята цел е да изуча точката, където машинната смазка се докосва до експерименталните резултати и теоретичните построения.”

Макар да съм теоретик, аз приемам възгледите на Галисън. Повечето физици-теоретици предпочитат обратния възглед, показвайки повече уважение към философията, отколкото към практиката. Науката, чиито успехи аз изтъквам, чиито граници изследвам и с която свързвам моите надежди за бъдещето, е Галисъновата наука, основана на разумното използване на необходимите технически средства, а не само на философски аргументи.

Историците на науката отдавна спорят по въпроса за относителната важност на новите идеи и новите инструментални средства в научното развитие. През 1962 г. историкът Томас С. Кун публикува *Структурата на научните революции*, в която той подчертава

важността на новите концепции като движеща сила в процеса на научните открития. Според Кун централно място в историята на науката заемат борбите между съперничаещи си идеи. Някои от читателите на книгата, извън научните среди, останаха с невярното впечатление, че науката е до голяма степен субективно занимание, противоборство между противоположни възгледи на различни хора, а не обективна борба между точността на инструментите и сложността на природата. Книгата на Кун бързо се превърна в класика и неговото тълкуване за историята остана доминиращо за цели трийсет и пет години, до появяването на Галисоновото схващане.

След публикуването на книгата на Кун една група от философи, историци и социални теоретици, назоваващи себе си Кунианци, започнаха да разпространяват възгледи, много по-екстремистки от тези на самия Кун. Някои Кунианци твърдяха, че приемането на нови научни теории зависи в по-голяма степен от борбите за политическа и икономическа власт, отколкото от научните факти.

Неотдавна този подход стана обект на една шега, добила широка известност. Силно обезпокоен от това, че на студентите от хуманитарните специалности им се поднасят екстремистките Куниански възгледи за историята, Алан Д. Сокал, физик от Ню Йоркския университет, написа една сатирична статия, озаглавена “Прекрочаване на границите: към една трансформативна херменевтика на квантовата гравитация,” и я представи за печат на списанието *Social Text*. В статията Сокал отлично имитираше стила и политическия тон, характерен за списанието. Физичната реалност, пишеше той, е просто “една социална и лингвистична конструкция.” Аксиомата за равенството в математичната теория на множествата, твърдеше той, има отношение към феминизма. А противоречивите разсъждения на френския психоаналитик Жак Лакан, според Сокал били в съответствие с най-новите резултати от квантовата теория на полето. Редакторите на *Social Text* не разбраха шегата и публикуваха статията през пролетта на 1996 г.; но скоро след това Сокал разкри своя замисъл в една статия за списанието *Lingua Franca*. Това се превърна в една шумна победа, в която остроумният джокер успя да надхитри самонадеяните персони.

Преди няколко години аз се натъкнах на Кун на научна конференция и му се оплаках за глупостите, които се разпространяват от негово име. Той реагира бурно. С глас, достатъчно силен, за да бъде чуто от всички в залата, той извика: “Едно нещо трябва да разберете: аз не съм Кунианец”. Кун никога не е казвал, че науката е борба за политическа власт. Но неговите трудове позволяват подобни интерпретации, защото той надцени ролята на идеите, а недооцени значението на експерименталните факти.

През 1997 г., година след смъртта на Кун, беше публикуван също толкова фундаменталният труд на Галисън, който възстанови равновесието в разбирането за развитието на науката. Както споменах по-горе, Галисън подчертава решаващата роля на техническите средства пред идеите като движеща сила на научния прогрес. Според него науката се задвижва от големите скокове в развитието на практическите средства, които позволяват на учените да придобиват нови данни. Галисън не подценява значението на борбите за политическа власт, но това не са онези борби, които се разгръщат на страниците на *Social Text*. Кунианците пишат за идеологически борби на леви срещу десни, на капиталисти срещу социалисти, на мъжки и женски движения. А Галисън пише за практически борби, с цел да се реши чия машина да се построи, чий детектор да се използва, чия теория да се изпробва. След като човешките борби отшумят, експериментът продължава. Резултатът се определя от притежаваните

технически средства и от самата природа, а не от идеологията на експериментатора. Ако инструментите са негодни, гласът на природата се заглушава. Ако инструментите са добри, природата ще даде ясен отговор на всеки ясен въпрос.

Моят дядо Джон Уилям беше ковач и работеше в малка металургична фабрика в Йоркшир, Северна Англия. Със собствените си ръце той изработваше котли, които се изнасяха по целия свят за оборудване на парни двигатели на кораби и фабрики. В началото на двадесети век, когато моят дядо се пенсионира, индустриалецът Андрю Карнеги вече беше построил металургични заводи от нов тип в Питсбърг, Пенсилвания, и новото производство на стомана измести старите ковашни работилници. Моят баща и много други като него се преместиха на юг и постъпиха в колежа.

Но натрупаните знания и опит не пропаднаха. В човешката култура ръката и умът работят единно, създавайки цивилизацията и във всяка цивилизация изкусният занаятчия има своето почетно място до книжовника и до шамана. Преди няколко столетия европейските майстори строяха кораби за изследване на нови континенти. Учените – това са съвременните майстори на кораби – технологични занаятчии, конструиращи устройства, които да ни пренесат в новото хилядолетие.

Никога няма да забравя една сцена, на която бях свидетел в Корнелския университет, в Итака, щата Ню Йорк, през 1960-те, когато младите хора бяха най-революционно настроени, а технологиите бяха непопулярни. Случи се да вляза в работилницата на Физическия факултет, която беше в приземния етаж. Там видях двама студенти с боси крака и дълги, несресани коси, които работеха с напрегната концентрация върху конструирането на криостат, свръх-охладител за нискотемпературни експерименти с течен хелий. Тяхното устройство, по-мощно от старите модели, трябваше да бъде обвито с много пластове от вакуумно устойчива изолация, а с външния свят беше свързано чрез мрежа от миниатюрни тръби и жици.

Гледах как те проверяваха всяко съединение да е уплътнено, всяка жица да е на точно определеното си място. Техните мозъци и ръце бяха напрегнати до край. Не си спомням техните имена, нито дали продължиха своите изследвания. Ако да, то не е изключено един от тях или и двамата да са сред тримата физици, които получиха Нобеловата награда за 1996 г., за откриването през 1971 г. в Корнел на свръхфлуидността на редкия хелиев изотоп, хелий-3. Обаче по времето, когато видях тези младежи, те не мечтаеха за Нобелови награди. Те бяха обзети от същата страст, която обладаваше моят дядо: удоволствието на изкусния майстор от добре свършената работа.

Астрономите от цял свят разработват нов инструмент, който може да се нарече гравитационна томография. Идеята е подобна на тази на Рентгеновата томография, която е в основата на компютърното аксиално томографско (КАТ) сканиране: гравитационната томография оглежда Вселената по същия начин, по който КАТ разглежда един заболял бял дроб. В едно отношение Вселената прилича на вътрешността на тялото: тя не може да се види с обикновена светлина. Преди повече от петдесет години швейцарският астроном Фритц Цвики откри, че групи от галактики се удържат заедно от невидими маси, много по-големи от масата на видимите галактики в групата. Цвики установи, че галактиките от групата се движат по случайни траектории с много големи скорости и че ако те се задържаха заедно само от гравитационната сила на видимата маса, групите щяха бързо да се разпаднат. Тъй като групите очевидно не се разпадат, невидимата маса трябва да съществува.

Идеята на гравитационната томография е да локализира невидимата маса чрез изучаване отклонението на светлинни лъчи в гравитационно поле. Всяка маса, независимо дали е видима или невидима, отклонява и фокусира светлината, когато се намира на пътя между източника на видима светлина и Земята – с други думи тя действа като гравитационна леща. Гравитационната томография дава възможност на астрономите да откриват невидимата маса, наблюдавайки как светлината, идваща от отдалечените видими обекти, гравитационно се фокусира и изкривява по своя път към Земята. Невидимата маса трябва да се намира пред някакви по-отдалечени видими обекти, за да може бъде открита.

Преди десет години астрономът Богдан Пацински от Принстънския университет предложи един остроумен метод, според който гравитационната томография би могла да се превърне в практически инструмент за откриване на отделни невидими маси в обкръжаващото ни галактическо пространство. Един невидим обект с маса колкото слънчевата, предизвиква “лещов ефект”, който трае няколко седмици. По такъв начин, за да се намери такъв обект, е необходимо да се правят наблюдения в една и съща посока на всеки няколко седмици. Ако една от звездите в ползрението внезапно стане по-ярка и после пак се върне към първоначалната си яркост, това може да се дължи на гравитационна леща. А начинът да се постигне успех, както отбеляза Пацински, е да се насочи телескопът към областите с максимална звездна гъстота: най-подходящи за това са Големият Магеланов облак, една близка галактика, видима само от Южното полукълбо, и централната част на Млечния път. По такъв начин астрономите по принцип биха могли да следят периодично яркостта на милиони звезди едновременно.

Устройството, което направи възможен този метод, е дигиталната обработка на изображенията, която позволява за няколко минути да се запишат и анализират изображенията на милиони звезди. През последните три години четири групи астрономи приложиха този метод и постигнаха несъмнен успех. Повече от двеста прояви на лещов ефект бяха регистрирани и честотата, с която се регистрират нови открития, бързо нараства. Някои от регистрираните фокусиращи обекти са обикновени видими звезди, но съществуват доказателства, че по-голямата част от тях са невидими. В близките няколко години вероятно ще бъде събрана надеждна информация за наличието на отделни невидими обекти във и около нашата галактика.

Може ли методът да открива нови планети извън Слънчевата система? По принцип отговорът е да, но лещовият ефект, предизвикан от планета с масата на Земята, би траял само около час, а не седмици. Планетните лещи почти сигурно ще бъдат пропуснати от сегашните изследвания, защото наблюдателните периоди на телескопите, които фотографират звездите, не могат да бъдат направени достатъчно чести, за да ги регистрират.

Пени Д. Сакет, млада американска астрономка от Университета на Гронинген в Холандия, откри начин да бъде поправен този недостатък. Тя започна работа по един проект, наречен ПЛАНЕТА, обединяващ четири малки телескопа, които взети заедно, имат добра видимост към Големия Магеланов облак и центъра на Млечния път през цялото денонощие, в някои периоди от годината. Един от тях е в Южна Африка, един - в Чили, един - в Западна Австралия и един - в Тасмания. Телескопите не са много натоварени и затова разполагат с много наблюдателно време, а освен това има и студенти, които са щастливи, че могат да сътрудничат по проекта и то без заплащане. Веднага щом се регистрира лещово явление от някой от големите лещови проекти, по

време на главния наблюдателен период (от април до септември), яркостта и разположението на обекта се докладват публично, и студентите се заемат за работа, наблюдавайки обекта практически непрекъснато през цялото време на процеса.

Идеята за ПЛАНЕТА се роди през 1995 г. и до този момент проектът не е довел до откриването на нито една планета. Но ако оптимистичните оценки за преобладаващия брой планети са верни, то би трябвало да бъде откривана планета на всеки няколко години.

Търсенията на невидими маси във Вселената имат връзка с биологията. Връзката е по-скоро в стила, отколкото в същността на науката. Стилът на работа в гравитационната томография е опортюнистичен, неорганизиран и спонтанен. Никой не го е планирал и никой не го администрира от горе. Появи се нов инструмент за наблюдение и няколко учени се заеха да го използват за разнообразни цели. Финансирането идва на части от различни източници и всеки самостоятелно се бори за средства въз основа на своите постижения. Никой от тях не се нуждае от големи суми. Не се налага да се строят нови телескопи; необходими са само нови електронни камери и нов софтуер за обработване на данни. Отделните проекти биха могли да доведат до важни открития срещу цена, която са в състояние да осигурят дори агенции с ограничени финансови възможности.

Най-евтин е проектът на Сакет ПЛАНЕТА. Той започна без никакви пари и средствата до 2001 г. са само 750 000 \$, годишни разходи – около 100 000 \$. Скъпото наблюдателно време на четирите телескопа, включени в проекта, се финансира от Обсерваториите на Южното полукълбо. Проектът работи добре, защото обсерваториите са свързани с Интернет. Те могат да си прехвърлят данни една на друга и да координират своите действия по всяко време. По такъв начин стилът на работа се определя от Интернет и от местния ентусиазъм. Той обединява четирите обсерватории за сериозно международно сътрудничество, а Интернет им осигурява близки и ползотворни контакти.

Начинания, подобни на проекта на Сакет, играят и друга важна роля: спомагат за разбирането и контрола над избухващи вирусни епидемии. Точно както някои от най-интересните небесни обекти най-добре се наблюдават от отдалечните южни обсерватории, така някои от най-интересните вируси са характерни за някои отдалечени места в Африка. Много от загадките на вирусната епидемиология се изучават с обединените усилия на медицински центрове и лаборатории, разпръснати на различни места по света. Чрез Интернет се обединяват локалните умения и предаността на Африкански експерти, с технологичните възможности на големите медицински центрове в Япония, Европа и САЩ. По такъв начин стилът на Пени Сакет се пренася и в медицината.

Медицинските и биологичните общества биха могли да научат и още нещо от астрономите. Аз подсказвам на медиците и биолозите, че те биха могли да прогресират по-бързо, ако последват примера на астрономите и започнат да разработват свои собствени технически средства. Защо трябва биолозите да чакат някой физик да изобрети някакакъв уред, а после някоя Компания за апаратура от Бостън или Тайван да им го продаде? Защо те сами не се заемат да си разработят апаратурата?

Има два инструмента, които още не съществуват, но които биха могли да предизвикат нова революция в научното разбиране на вирусите и клетките. Първият е настолният

ДНК проследител, който би прилагал директни физични методи, а не мокра химия, за подреждане на отделните молекули ДНК. Ако би бил задействан физичен проследител, който отнема една по една ДНК бази и ги прекарва през масов спектрометър със скорост  $1 \text{ ms}^{-1}$ , цял човешки ген би могъл да бъде проследен за един месец. Четирите типа бази, които съставят ДНК, имат четири различни маси и няма закон на физиката, който да не позволява те да бъдат надеждно идентифицирани от масов спектрометър с такава скорост. Освен тази, предложени са и много други идеи за използване на физични инструменти за проследяване на ДНК.

Вторият инструмент, който биолозите биха могли да създадат, е настолният протеинов микроскоп, който да определя тримерната структура на протеиновите молекули. Определянето на структурата на протеините е дори по-трудоемка дейност от проследяването на ДНК и за петдесетте години, откакто Макс Перуц и Джон Кендрю разкриха структурата на хемоглобина и миоглобина, само около 5000 протеинови структури са били определени. Обаче човешките клетки съдържат около 100 000 различни протеина, така че за да се разбере как вирусите атакуват и превземат клетките, е необходимо да се определят огромен брой протеинови структури. Съществуващите в момента технически средства са просто неадекватни за целта.

Едно съществуващо средство е атомносиловият микроскоп, който работи чрез драскане на повърхността на твърди предмети с острие и измерване на движенията нагоре и надолу на острието. Разделителната способност на атомносиловия микроскоп е достатъчно добра, за да се видят отделните атоми, но той не може да вижда под повърхността. Друг съществуващ инструмент е магнитният резонансен изобразител, който се използва всекидневно в болниците за разглеждане на тумори в човешките глави. Магнитният резонансен изобразител прониква дълбоко под повърхността, но не може да види обекти, по-малки от около милиметър. Настолният протеинов микроскоп би бил устройство, което комбинира атомната разделителна способност на атомносиловия микроскоп с проникващата способност на магнитнорезонансния изобразител. Принципната конструкция на такова устройство беше публикувана преди няколко години от физика Джон А. Сайдлз от Медицинския колеж към Уошингтънския Университет в Сиатъл.

Кои ще бъдат основните инструменти на бъдещето? Преди да направя своя скромнен опит да надникна в двайсет и първия век, аз се запознах с трудовете на Жюл Верн и Х. Г. Уелс, двама автори от деветнадесети век, които се опитаха да погледнат напред в двадесетото столетие. Верн и Уелс не успяха да предвидят някои от най-важните технологични промени: например преобладаващата роля на личните автомобили над всички други видове транспорт и изобилието на телефони и персонални компютри. Най-голямата тяхна грешка е предвиждането им, че техниката ще става все по-голяма, а не по-малка, както е в действителност.

Аз не очаквам, че моят опит за предвиждане ще бъде по-успешен. Аз просто ще опиша една – две възможности за бъдещо развитие измежду милионите други, които биха могли да се реализират. Основната ми цел е да покажа, че има път, водещ към по-добро бъдеще. По този път хората имат шанс да достигнат до един по-щастлив и справедлив свят.

Промените биха могли да дойдат, например, от нови машини, които използват комбинираната мощ на Слънцето, молекулярната генетика и Интернет. В селца и



градчета по целия свят, от джунглите на Борнео до планините на Перу, един ден хората ще могат да се свързват по Интернет. Там, където няма електрозахранване, те биха могли да получават електричество от Слънцето, използвайки или фотоволтаични колектори, или като отглеждат енергетични растения, създадени от генното инженерство. Ако хората, поставени при неблагоприятни условия, имаха връзка с Интернет, те биха получили достъп до информация, която ще им е нужна, за да развият своите таланти и да участват в глобалната икономика. Такава промяна би могла да помогне за разрешаване на една от големите съвременни злини – бедността в слаборазвитите селски райони.

Хората, които са отдалечени от телефоните, се нуждаят от достъп до информация по радиото. В близките години нисколетящи спътници ще обхванат всяка точка от Земята. Но за хората, които нямат електричество за своите радиоприемници и предаватели, тези спътници над главите им ще бъдат безполезни. Ние трябва да се научим да произвеждаме евтино електричество от слънчева светлина навсякъде по Земята, ако искаме Интернет да стане достъпен и за по-слаборазвитите нации.

За щастие слънчевата светлина е най-изобилна точно там, където е най-необходима, в тропическите страни, където живее огромната част от най-бедното население. Двете основни средства, които понастоящем се използват за усвояване на слънчевата енергия – фотоволтаичните панели, които произвеждат електричество, и растенията, отглеждани за получаване на гориво, са скъпи и неефективни. За да стане слънчевата енергия достатъчно евтина, са необходими нови технологии. Аз вярвам, че генетиката държи ключа за това.

Генното инженерство вече доказва своята полезност за подобряване на реколтата. В бъдеще могат да бъдат създадени растения, които да преработват слънчевата светлина в гориво не по-малко ефективно от фотоволтаичните колектори. Могат да бъдат конструирани растения, които да доставят енергия, без да бъдат отсичани. Една постоянна гора от генно конструирани дървета би могла да трансформира слънчевата светлина в течено гориво и да предава това гориво посредством корените си към специална мрежа от подземни тръби. Такава система не само ще снабдява с евтина енергия селските райони, но ще се бори и срещу опасността от обезлесяване.

Ако по такъв начин електричеството би могло да стане достъпно по цялата земя, хората в отдалечените области ще могат да използват огромните глобални мрежи от свързани компютри за своя бизнес, да контактуват със своите приятели и да продължават своето образование с пълна осведоменост за това, което става в останалата част на света. Това е моята мечта: щом веднъж техническите трудности са преодолені, слънчевата енергия, генното инженерство и Интернет биха могли да работят заедно за създаването на справедливо общество, в което всяко мексиканско село ще бъде толкова богато и продуктивно, колкото моят град Принстън, Ню Джърси.

Превод: **Светослав Рашев**

(F. J. Dyson, "Miracles of rare device", *The Sciences*, March/April 1999)

# УРАН - СВОЙСТВА И РИСКОВЕ

А. Витанова, К. Волев и Н. Янева,

*ИЯИЯЕ - БАН*

Открит от немския химик Мартин Клапрот през 1789 г., елементът бил наречен с името на планетата Уран, току-що открита (1781 г.). През 1938 г. немските физици Хан и Щрасман показват, че уранът може да се дели на две части като отделя енергия.

Уранът е метал от семейството на актинидите и в свежо състояние прилича на стоманата. Той е най-тежкият естествен елемент, с плътност  $19,05 \text{ g/cm}^3$  (1,7 пъти по-тежък от оловото). Елементът е корозионно неустойчив - в естествена среда се окислява бързо, а при повишаване на температурата става порест и пластичен. По химични свойства прилича на волфрама. Реагира с всички химични елементи, освен с инертните газове. Най-важните съединения са  $\text{UO}_2$  и  $\text{U}_3\text{O}_8$ . Във въздуха U се покрива с окисна ципа, която обаче не го предпазва от по-нататъшни окисления, а при нагряване се възпламенява. Бурно реагира с водни пари с отделяне на водород. Малки количества вещества, съдържащи уран, са били използвани в керамичната промишленост за получаване на жълто-оранжеви глазури и за боядисване, но това приложение е прекратено, когато са станали известни ефектите от радиацията.

Природният уран се състои от три изотопа:  $^{238}\text{U}$  - 99,284 %,  $^{235}\text{U}$  - 0,711 % и  $^{234}\text{U}$  - 0,005 %. Най-слабо радиоактивният от тях е  $^{238}\text{U}$ . Той е  $\alpha$ -емитер с енергия на  $\alpha$ -частиците 4,2 MeV и слаб  $\gamma$ -емитер - 48 keV. Уран  $^{238}\text{U}$  е родоначалник на уран-радиевото семейство, състоящо се от 19 изотопа, с период на полуразпадане  $4,5 \cdot 10^9$  години. От този изотоп се произвежда плутоний в реакторите-възпроизводители (бридери) с бързи неутрони. Делящият се изотоп  $^{235}\text{U}$  има време на полуразпадане  $7,13 \cdot 10^8$  години и се използва като гориво за ядрените реактори и за производство на ядрени оръжия. Изотопът  $^{234}\text{U}$  има най-малко време на разпадане  $245 \cdot 10^3$  години, и е най-силно радиоактивен.

Уранът се извлича от урановата руда. Чрез процеси на раздробяване и смилане се извлича уранов окис  $\text{U}_3\text{O}_8$  във вид на жълта маса (кейк) - жълт прах, съдържащ 90 % уранов окис. За нуждите на ядрените реактори е необходимо уранът да бъде обогатен с  $^{235}\text{U}$  от природното му съдържание 0,07 % до 3,5-4 %. С това завършва химическата част от обработката на урана и следва обогатяването, което е физически процес. След обогатяване се превръща в уранов окис, от който се произвежда ядреното гориво във вид на таблетки, поставени в т. нар. горивни елементи.

В атомните електроцентрали ядреното гориво "изгаря", като произвежда енергия и намалява съдържанието на  $^{235}\text{U}$ . При деленето на ядрата се произвежда значителна енергия, в същото време се получават високо радиоактивни продукти (средно тежки ядра).  $^{238}\text{U}$ , залавяйки неутрони произвежда тежки трансуранови изотопи, предимно плутоний. Отработеното ядрено гориво е високо радиоактивно и опасно и подлежи на специална преработка и съхранение. При това може да се извлича плутоний, който е

основна суровина за ядрените оръжия, а може и да се получат материали за ядрено гориво.

Обедненият уран е отпадък от т. нар. ядрен горивен цикъл и притежава характеристики, които го правят много привлекателен за производство на конвенционални оръжия и танкови брони. Високата му плътност осигурява голяма проникваща способност на снарядите с уранов връх, след взривяването на които се отделя много топлина, която възпламенява урановите частички.

Снаряди с обеднен уран са използвани във войната в Персийския залив в операцията “Пустинна буря”. В редица страни са създадени различни оръжия с обеднен уран, в които той се използва както за усиление на броните, така и за снаряди. Такива са крилатите ракети ТОМАХОУК и 30 mm противотанкови снаряди.

Известно е, че във войната в Югославия са взривени около 1500 крилати ракети, съдържащи обеднен уран. След експлозията 80 % от урановите окиси се превръщат в дългоживущи стъклени частички с големина 0,5 ÷ 5 m m, които чрез дишането попадат в кръвта и лимфната система. Най-голяма радиационна заплаха представляват дъщерните продукти  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{222}\text{Rn}$ , получени от  $\alpha$ -разпадането на  $^{238}\text{U}$ . Такива ракети носят по три килограма уран, който при детонацията се превръща в окис, следователно:

$$3 \text{ kg } \text{UO}_x \times 80 \% \times 1500 = 3600 \text{ kg } \text{UO}_x,$$

$$37 \text{ MBq/kg} \times 3600 \text{ kg} = 133\,200 \text{ MBq} = 13,3 \times 10^{10} \text{ Bq} - \text{радиев еквивалент.}$$

Тази активност се равнява на 4 g Ra. Изчислява се, че застрашеното население е 20 млн. души. Урановите аерозоли могат да се подежат и разнасят от въздушните течения на стотици километри от мястото на взрива.

Таблица 1. Годишно постъпление в организма на  $^{238}\text{U}$  и неговите продукти на разпадане в региони с нормален естествен радиационен фон

| Източник          | Чрез органите на дишане      | Чрез органите на хранене |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| $^{238}\text{U}$  | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | 5 Bq                     |
| $^{234}\text{Th}$ | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | 5 Bq                     |
| $^{234}\text{Pa}$ | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | 5 Bq                     |
| $^{234}\text{U}$  | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | 5 Bq                     |
| $^{230}\text{Th}$ | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | -                        |
| $^{226}\text{Ra}$ | $1 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ | 15 Bq                    |

|                   |        |       |
|-------------------|--------|-------|
| $^{210}\text{Pb}$ | 4 Bq   | 40 Bq |
| $^{210}\text{Po}$ | 0,8 Bq | 40 Bq |

Смята се, че естественият уран се намира в радиоактивно равновесие с дъщерните си ядра  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  и  $^{234}\text{U}$ , така че един килограм уран съдържа по 12 MBq от всеки от посочените четири радионуклида. Частичките прах на повърхността на Земята се явяват основен източник на постъпването му в атмосферния въздух. В таблица 2 са приведени данни за средната специфична активност на  $^{238}\text{U}$  в органите и тъканите и погълнатата доза, формирана от  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  и  $^{234}\text{U}$ .

Таблица 2. Средна специфична активност на  $^{238}\text{U}$  в тъканите и съответната годишна погълната доза от вътрешно облъчване от дъщерните му продукти.

| Органи и тъкани      | Отдадена активност*<br>$^{238}\text{U}$ , Bq/kg | Годишно погълната доза, Gy |                           |                                   |                       |
|----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                      |                                                 | $^{238}\text{U}$ (a )      | $^{234}\text{Th}$ (b ,g ) | $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (b ,g ) | $^{234}\text{U}$ (a ) |
| Гонади               | 5                                               | $1,1 \cdot 10^{-7}$        | $2,0 \cdot 10^{-9}$       | $2,0 \cdot 10^{-8}$               | $1,2 \cdot 10^{-7}$   |
| Костна тъкан         | 150                                             | -                          | -                         | -                                 | -                     |
| Червен кос-тен мозък | 5                                               | $2,1 \cdot 10^{-7}$        | $1,1 \cdot 10^{-8}$       | $1,4 \cdot 10^{-7}$               | $2,4 \cdot 10^{-7}$   |
| Щитовидна жлеза      | 5                                               | $1,1 \cdot 10^{-7}$        | $2,0 \cdot 10^{-9}$       | $2,0 \cdot 10^{-8}$               | $1,2 \cdot 10^{-7}$   |
| Бъбреци              | 5                                               | $1,1 \cdot 10^{-6}$        | $1,5 \cdot 10^{-8}$       | $2,1 \cdot 10^{-7}$               | $1,2 \cdot 10^{-6}$   |

\*Предполага се, че  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  и  $^{234}\text{U}$  се намират в радиоактивно равновесие с  $^{238}\text{U}$  във всички органи и тъкани.

За външно облъчване този елемент не представлява радиационна заплаха. Но ако се инхалира или погълне чрез хранене, рискът за лъчево индуцирани карциноми се увеличава многократно. Силно токсичен е и високите му концентрации в организма разрушават вътрешните органи, главно бъбреците. Ранните признаци за отравяния от уран и неговите соли са главоболие, повръщане, отпадналост. Бързо се развиват процеси на остри поражения на бъбреците - токсичен нефрозо-нефрит, често без повишаване на артериалното налягане. Нанася поражения на паренхимните органи, особено черния дроб (хепатит).

Предизвиква левкоцитоза - увеличен брой на левкоцитите в кръвта повече от  $10^9/l$ , повишаване на телесната температура, затруднено дишане, отслабване на сърдечния ритъм. Наличието му може да доведе до нарушаване на функциите на отделителната система - анурия - задържане на урината в бъбреците, пикочопроводите и пикочния мехур.

Отравянето с  $UF_6$  протича като химично изгаряне. Предизвиква силно раздразнение на лигавицата на дихателните пътища, болка в гърдите, кашлица, секрети със сиво-зелен цвят и примес на кръв, задух, раздразнение на очите, умъртвяване на роговицата на окото. При попадане върху кожата причинява изгаряния.

В случай на непрекъснато облъчване са направени следните изчисления: на  $1 \text{ m g/m}^3$  уранова концентрация във въздуха съответстват  $5,5 \text{ mSv/a}$  (при  $17,8 \text{ m}^3/d$  вдишан въздух). Според ICRP границата на дозата за население категория "B" е  $1 \text{ mSv/a}$ , което съответства на концентрация във въздуха  $0,18 \text{ m g/m}^3$ . За работещи категория "A", ГГД е  $20 \text{ mSv/a}$ , което е еквивалентно на  $9,8 \text{ m g/m}^3$  уранова концентрация във въздуха (при  $2400 \text{ m}^3/a$  вдишан въздух).

По отношение на химичната токсичност критериите се дефинират така:

-  $0,2 \text{ mg U/m}^3$  във въздух (за разтворим уран);

-  $0,045 \text{ mg U}_{\text{ест}}/\text{m}^3$  във въздух като ураниев прах преди химичното му отделяне от рудата, ако е в равновесие с дъщерните си продукти.

$U_{\text{ест}}$  (неразтворим):  $2,0 \cdot 10^{-11} \text{ m Ci/ml}$  ( $=0,74 \text{ Bq/m}^3$ , еквивалентно на  $29,5 \text{ m g/m}^3$ );

Според някои американски стандарти нивото на урана за "минимален риск" при поглъщане чрез храна, се допуска да бъде  $1 \text{ m g/kg}$  телесна маса на ден. Тази стойност е определена на базата на злокачествените ефекти, наблюдавани при плъхове, които са поемали  $1,1 \text{ mg/kg}$  на ден. За стандартен човек ( $70 \text{ kg}$ ),  $1 \text{ m g/d}$  е еквивалентно на  $26 \text{ mg/y}$ .

Общата допустима концентрация във вода за  $^{234}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  е  $30 \text{ pCi/l}$  ( $1,11 \text{ Bq/l}$ ).

От гледна точка на продължителността на човешкия живот този елемент е вечен и при замърсяване ще представлява постоянна радиоактивна опасност. Възстановяването на околната среда от това вредно вещество е много скъпо и трудоемко. Нашите специалисти се опитват да контролират чистотата на въздуха, почвата и да търсят урана в изследваните проби. Това не е лесно и не може да се прави с измерване на радиационния гама-фон, което е добре поставено в нашата страна. Използват се по-сложни радиохимични и физични методи, които са усвоени в специализирани институти. Засега замърсяване не е открито, но предстои много голяма и сериозна работа по контрол на въздуха и търсене на замърсявания на почвата. Ние трябва да познаваме състоянието на нашата природа, за да опазим здравето на населението.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.cogreslab.demon.co.uk/webdu.htm>

2. <http://www.iacenter.org>
3. <http://www.antenna.nl/wise-database/uranium/utox.html>
4. А. А. Моисеев, В. И. Иванов. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене, Москва, Энергоатомиздат, 1984.

# ФИЗИЧЕСКАТА ТЕРМИНОЛОГИЯ

(Тя е грижа първо на физиците и после на езиковедите)

*"Език, в който не е разрешено да се образуват нови думи, е в опасност от задушаване."*

Елиас Канети

Колегите-физици, които следят нашето списание, вероятно ще бъдат учудени от появата на такава "несвойствена" за *Светът на физиката* рубрика. Какво общо могат да имат проблемите на физиката с проблемите на езика?

Общото е това, че всички проблеми, включително и физическите, ние обсъждаме на някакъв език. И когато този език е българският, естествено е да общуваме с **общоприети български термини**. А тези термини някак се формират. И физиците са най-активните участници както във формирането, така и в разпространяването и усвояването на физическата терминология. От общността на физиците тръгва употребата на физически термини от редактори, журналисти, преподаватели, писатели и изобщо от цялата културна общественост. (Да си спомним колко настойчиво думи като "измерение" и "пространство" се използват от журналисти и политици в най-различен контекст.)

До средата на нашия век учените, следвайки наложената традиция, са търсели гръцки (или латински) думи, които да изразяват едно или друго ново понятие. Затова физиката (също от гръцката дума *j u s i z* - природа) буквално гъмжи от такива думи. През втората половина на века ни обаче възникна ново явление: или познати думи, най-често английски, се напълват с ново съдържание, или се правят нови словосъчетания от познати думи. Така се появяват термини като *спин*, *лазер*, *цвят*, *аромат*, *колайдър* и т.н.

Българската наука (и в частност физиката) рядко се е изправяла пред щастливата необходимост да формулира нови понятия, а най-често е трябвало да усвоява вече съществуващи термини. В този процес на усвояване се наблюдават три тенденции:

1) Приемаме термин от чужд език, който (си мислим, че) познаваме и го "насаждаме" в българския език. По този начин, случайно и безогледно, са внесени френски, немски, руски и английски термини (според това кой в коя чужбина е бил). Това е методът на *езиковата леност*. Често пъти има точна българска дума, но се използва ненужно чуждица (лекари говорят за "разтяжение" и "обостряне" на заболяването, юристи говорят за "приобретатели" на имущество, "въвод" във владение и т.н.). Все пак горните примери (*цвят*, *аромат*), както и много други, показват, че в някои случаи не е трудно да се усвои съответен български еквивалент.

2) "Изковаваме" нова българска дума, отговаряща смислово на новия термин. Не знам дали изобщо се практикува у нас (и в частност във физиката).

3) Комбинираме двата горни начина (най-често с ужасяващи последствия като чудовищните словосъчетания "консултативен съвет", "предложена оферта", "комуникационна връзка" и т.н.). Този начин рядко води до нещо добро.

В полза на първия метод е принципът (поддържан от много езиковеди) да се възприема дума от онзи език, в който тя първо се е зародила като название на ново понятие. Например на английски език се използват немските термини *gestalt*, *eigen* (-function, -value), *umklapp* (process), руските *спутник*, *перестройка* и т.н. От друга страна вероятно французите оспорват първенството на английския език при компютрите, защото използват своя дума (*ordinateur*) за компютър.

Този принцип има предимството да унифицира научната терминология, без да се търси единна езикова основа. Продължението на това предимство обаче води до своеобразна *езикова леност*. Тя се изразява в следното, което ще поясня с пример.

Неотдавна редактирах преводен материал на тема ядрена физика за списанието ни. Натъкнах се на термина *spallation*. Означава "раздробяване, разбиване на дребни парчета". Беше написано буквално *спалация*.

Тук се сблъскваме с два проблема. Първият е: доколко терминът е възприет от научната общност? Това е важно, за да има езиково единство на общуването. Вторият проблем е още по-деликатен. Много наши специалисти смятат, че не е важно какво ще говорят на български, след като в чужбина ще бъдат разбирани, когато използват дадения (най-често английски) термин. Но така ли е наистина?

Да вземем възприетите от английския език термини *спалация*, *лазер*, *кварк*, *оксид* и т.н. Опитайте се да накарате някой англичанин да ви разбере с тези думи. Няма да стане. Защото произношението е съвсем друго: *сполй йшън*, *лейзър*, *кут рк*, *оксайд*. Така че "езиковата леност" не помага нито за българска, нито за чуждоезична употреба. Ако ще усвояваме чуждия термин, трябва да го усвояваме така, че да звучи възможно най-близо до оригинала (доколкото позволяват фонетичните особености на нашия език).

Примери за безкритична употреба на чужди думи в българския език има твърде много. Да вземем възприетото у нас (най-често чрез руския език) произношение на имената на видни физици: *Максвел* (Maxwell), *Релей* (Rayleigh), *Рейнолдс* (Reynolds). Едва ли нашият английски събеседник би разбрал, че става дума за *Максуел*, *Рейли*, *Ренолдс* и т.н.

Езикът обаче е по-динамичен и по-разнообразен от всякакви наложени норми. Далеч не винаги е разумно да "преобръщаме" наложени в българския език термини (и техните производни) в съответните чуждици. Могат да се получат плачевни последствия. Например студентите в УНСС учат по учебници, носещи странните заглавия *Икономикс* (автори: Л. Йотова и В. Алякова, "Радио", София, 1995), *Макроикономикс* и *Микроикономикс* (но в текста се говори за *икономика*, *икономически* и т.н.). Не знам какво е подтикнало авторите към такова "словотворчество", но дано не осъмнем някой ден с *физикс*, *математикс* и т.н.

По повод втория начин за "българизиране" на термини си спомням разговора с един финландски физик. Той ми обясни, че във Финландия всяко ново понятие се усвоява по следния начин. Специална група от пет души езиковеди съставя ("изковава")



звукосъчетание, което има "финландско звучене", но не съвпада с известна дума от езика. Новият термин се пояснява и разпространява сред хората на словото (журналисти, преподаватели, редактори и т.н.) и за по-малко от месец става равноправна дума във финландския език. Системата работела така добре, че дори думи като *телефон*, *електрон*, *телевизор* и т.н. имали свои фински еквиваленти.

Това ми напомня за идеала на уважавания от миналото български езиковед и пръв ректор на Софийския университет проф. Александър Балан. Съмнително е обаче дали езикът ни би спечелил от подобен подход. Българският език е отворен език, той бързо (и добре) усвоява, всмуква и асимилира чуждиците. (Например хората на село говорят за *шинда* - ръчно обработена букова дъска за ламперия - и *вария* - тежък чук - и едва ли се досещат, че първата е немска, *Schindler*, а втората - гръцка, *bagia*, и е езиков родственик на *барион*). Не разбирам нищо от угрофинска лингвистика, но ми се струва, че финландският подход не е особено перспективен за българския език. Той вероятно би го обрекъл на изолация, която е чужда на природата на българина. Може би затова Балановите "български еквиваленти" са повод за добродушни насмешки.

Ние непрекъснато се натъкваме на терминологични проблеми във физиката. Като автори, преводачи, редактори и читатели (слушатели). Целта на тази рубрика е да подлагаме на обсъждане всякакви терминологични въпроси във физиката, да търсим най-сполучливите решения. Физическата общност дължи това на себе си и на цялата ни културна общественост. Естествено е въпросите, съмненията и затрудненията многократно да надвишават предлаганите решения. Но нали добре формулираният проблем е наполовина решен проблем?

Думата имат читателите.

**Михаил Бушев**

# КАК ДА ПРЕПОДАВАМЕ ...

/странички от миналото/

... Една от целите, които се гонят в гимназията, е да се развие мислителната способност на учениците, а това се постига не толкова със съдържанието на науката, колкото с метода на преподаването ѝ ... учителят, като се съобразява с нивото на умственото развитие на учениците си, с помощта на ред наводящи въпроси, да пробужда в последните самодейност, като ги кара сами да намерят това, което иска да им съобщи.

... При геометрия, геометрично чертане, дескриптивна геометрия и физика трябва да се чертае с пергел, триъгълник и транспортир, а не – със свободна ръка и небрежно, както правят повечето учители. Често така начертаните образи не напомнят никак това, за което учителите разказват. Ако учителите ... пазят точно да се изпълняват чертежите ... то това ще има силно възпитателно значение за учениците : **те ще отвикнат от небрежността и ще привикнат към чистота, систематичност, съобразителност – качества от такова възпитателно значение!**

... Според изискванията на педагогията, **физиката като естествена наука трябва да се преподава с опити, правени пред очите на учениците, като урокът се започне със самия опит. Опитът трябва да бъде прост; с него трябва да се произведат само тези явления, които искаме да наблюдаваме; при това опитът трябва да се произведе с най-голяма грижовност, точност и ясност, та различието между причината и действието и връзката помежду им напълно да изпъкнат наяве.** Щом учениците са схванали ясно как става явлението, трябва веднага да се изложи физическият закон, т.е. **постоянното съотношение между причината и действието при дадени обстоятелства.**

... Всеки преподавател е длъжен да се явява в клас добре подготвен, с методически добре обработен урок, като предварително изведе всички формули и реши всичките задачи.

... Учителят трябва да се стреми, щото ученикът да усвои още в клас, ако не целия урок, то поне по-главните му части, което може да се постигне, ако учителят след разказа накара с по един-два въпроса неколцина от учениците да повторят това, което той е разгледал. Ако при повторение той забележи, че някои работи не са усвоени добре, ще може тутакси да им разясни тия неща повторно. Задаването на големи уроци има това лошо последствие, че учениците могат да се отвратят от предмета и да загубят вяра в собствените си сили.

... Целта на даването задачи за домашно упражнение е да се накарат учениците да решат повече задачи, в които да приложат конкретно теорията на практика.

... Трябвало би учителите, като изпитват, да работят не само с един ученик, а с целия клас, тъй че, ако ученикът не отговори на някой въпрос или даде непълен или неверен отговор, то учителят да може веднага да поиска отговор от някой друг ученик. По този начин учителят ще накара всички ученици с интерес и внимание да следят това, що се

работи в клас. Това трябва да се прави и за да се увери учителят, дали само малцина или пък мнозинството от учениците не са разбрали известно положение, та в такъв случай да може да се обясни отново неразбраното.

... Учителят трябва с всички сили да се старае да развива самостоятелност у учениците.

... Разбира се, не трябва да се отива и в другата крайност, както правят някои учители, които през целия урок не отварят уста да обяснят някои тъмни за учениците неща, а само извикват ученика, задават му въпроса и през всичкото време, докато ученикът отговаря, те не продумват дума, дори и когато ученикът сгреша. Такива учители само чакат да свърши ученикът, та да извикат друг ученик. Последната категория учители са лоши педагози, защото при тях учениците не само не усвояват предмета, но и получават отвращение от него.

... Голяма част от учителите не поправят направените от учениците граматически и логически грешки. Подобна небрежност от страна на такива учители може да има най-вредно влияние, тъй като учениците привикват да се изразяват неправилно и неточно.

... Намерих ученици от горните класове, които по физика умееха да изведат почти безпогрешно всички формули, но не знаеха и най-елементарните принципи на материала, до който се отнасят тези формули. Такава едностранчивост е вредна: извеждането на формулите е само една аналитична манипулация, но не и **физика**, щом учениците не знаят най-съществените неща и не могат да обяснят физически явленията, основани на този физически закон.

... Някои учители допускат и в горните класове въведения в отделенията обичай учениците да дигат ръка като знак, че могат да отговорят, щом видят, че запитаният ученик не може да отговори на учителевия въпрос. Това ми се вижда осъдително, защото **всички** ученици са длъжни **всякога** да отговарят на въпросите на учителя. Ако изправеният ученик не може да отговори на известен въпрос, то учителят може да зададе същия въпрос на **кого** и **да било** от учениците, а не само на тези, които са подали знак, че могат да отговорят. Непедагогичността на така практикуваната метода е очевидна. Според нея излиза, че учителят е длъжен да изпитва само тези ученици, които заявят предварително, че са готови да отговарят на въпросите на учителите си. Освен това педагогията изисква, щото учителят да работи повече с по-слабите ученици, за да може да докара всичките ученици приблизително до едно равнище.

... Аз говорих до тук само за недостатъци и слабости при обучението и възпитанието. В действителност, обаче, добрите страни у мнозинството учители превъзхождат слабите страни и недостатъци.

... Учител трябва да става само онзи, който чувства **призвание** към учителството. Учителят трябва да бъде като жрец на науката и с **апостолско** съзнание да я преподава, като я одухотворява чрез живото си слово; той трябва да бъде истински **възпитател** на младежта, като сам бъде образец на възпитан човек. Той трябва да обича учениците и самото дело. Учителят трябва в своята **творческа** и възпитателна работа в училището да работи и за своето самоусъвършенстване и самообразование. Само когато нашето училище се снабди с такива учители, то ще застане на подобаещата височина и вече няма да се срещат в образователното и възпитателното дело на училището слабости ...

*Цитираните по-горе мисли са извадки от обширния доклад, в който подпредседателят на Постоянния учебен комитет при Министерството на Народното просвещение Стефан Лафчиев излага впечатленията си от инспекционната си обиколка през 1896 г. Пълният текст на доклада е отпечатан в сп. "Училищен преглед", год. II (1897) и в съкратен вариант в "Юбилеен сборник на Физико-математическото дружество в София" (1939).*

Пенка Лазарова

\* \* \*

# ФИЗИКАТА В ОБРАЗОВАТЕЛНИТЕ ПРОГРАМИ НА НАЦИОНАЛНИЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИ МУЗЕЙ

"Таквази наука, като физиката не може да са преподава без опити, защото иначе изучаването ѝ ще принесе малко полза." Така, според учителя по математика и физика в Априловската гимназия в Габрово Иван Гюзелев, физиката ще може да "земе прилично място между другите средства за образование на юношеството" (Гюзелев, Ив., Ръководство към физиката, 1874). Но той с болка констатира, че "съставяне на пълен физически кабинет за сега е невъзможно за нашите бедни общини". Явно проблемите с оборудването на физическите кабинети не са се променили съществено от предосвобожденския период до наши дни. Ето защо повечето ученици не обичат физиката. За тях тя е суха и непривлекателна наука, в изучаването на която не виждат никакъв смисъл. Това води до непълнота в образованието на младите хора, които ще трябва да се реализират като пълноценни личности в едно модерно технологично общество, "напълно зависимо от основите на науките и технологиите", които "са дали огромен принос за повишаване на жизнения стандарт" (Лео Есаки)<sup>1</sup>.

За съжаление липсата на средства за онагледяване на образователния процес, както и прекалено официалният характер на образованието в училище и понякога отсъствието на диалог между учител и ученик, са пречка за стимулиране на по-голямо желание за образование и удоволствие от обучението. Затова е необходимо да се обединят усилията на класическата образователна система с други институции и организации, които поддържат тезата, че "образованието е едно от най-силните средства, с които можем да изградим бъдещето" (Жак Делор)<sup>2</sup>.

Няма съмнение, че музеите за наука и техника, като образователна институция, част от неформалното образование, могат да помогнат на преподаването по физика, изпълнявайки според възможностите си "своята роля на източник за повишаване на образованието" (Кодекс на професионалната етика на ИКОМ).

В единствения у нас музей от типа "научен център", Националният политехнически музей, възприемането на знания става не чрез информацията от етикетите до експонати в стъклени витрини, а чрез собственоръчно направени експерименти, включващи елементи на игра, лично откриване на природните закони и явления, така че "изучаването на проблемите да стане преживяване". Това, според великия А. Айнщайн, е едно от условията за усвояване и прилагане на знанията. Така децата, ставайки преки участници в дейностите, които предлага нетрадиционният музей, осмислят физическите закони и явления, правят изводи и получават полезна информация за приложението на наученото в живота, техниката, спорта и т.н. Разтоварващи елементи са шегата, любопитни случки от историята или живота на учените. Самият факт, че знанията по физика се получават в нетрадиционна обстановка, допринася за активното им възприемане, обяснява неразбраното в училище или допълва наученото там.

Забавните демонстрации в постоянната експозиция на Националният политехнически музей включват "игри" от различни области на физиката: електростатика, електричество и магнетизъм, оптика, механика и т.н. Основният принцип е "виж,

пипни, разбери“, т.е. най-напред се възбужда любопитството чрез атракцията, после с активното участие на учениците се обяснява закона или явлението и се правят изводи за разбраното. Повечето преподаватели по физика са запознати с ефектните демонстрации на закона за запазването на енергията, “дяволската примка”, стробоскопа, равновеския “къжъл”, Фарадеевия кафез, действащия модел на електроцентрала, звуковото реле и много други опити, които съчетават забавното с познавателното и разкриват един свят, в който “фокусите” и “магиите” намират с помощта на физиката своето обяснение. Образователната програма за лазерите е полезна не само за учениците от X клас, но е атрактивна и за най-малките. “Игрите” с лазерния лъч, който пренася звука от единия до другия край на залата и описва различни фигури, които се променят под действието на звука, карат учениците да се чувстват участници в едно своеобразно “лазерно шоу”. Тази образователна програма бе допълнена и обогатена с темата “Холографията”. Предоставените от специалистите от Централната лаборатория за оптичен запис обработка на информацията при БАН изобразителни холограми представят като “истински” бронзовия тракийски конник от Археологическия музей, съдовете от Рогозенското съкровище, личните вещи на Васил Левски и други музейни експонати. Уникални са динамичната холограма (стробоскопично холографско кино), холографският автопортрет на ст.н.с. д-р В. Съйнов и холографската пластика на Цв. Лазаров по идея на Р. Коларов. Интерес предизвикват и цветните холографски стикери – дъговите холограми. Експонатите, заедно с илюстративния материал, обясняващ физическите принципи на холографията, нейната история и приложения, по неповторим начин илюстрират възможностите на магията, наречена холография. Така, едно съвременно направление на физиката излезе от лабораториите и достигна до учениците, за които думата “холография”, бегло спомената в учебниците по физика, бе до този момент само абстрактно понятие.

С нетрадиционни и традиционни музейни методи и средства бяха разработени и образователните програми “Цвят” и “Радиоактивност без тайни”.

Образователната програма “Цвят” бе реализирана със съдействието на Център за изкуства “Сорос” и група “Цвят” в България от колектив с ръководител инж. Люба Дашовска. Бяха поставени и обяснени много въпроси, свързани с природата на цвета като качество, присъщо само на светлината, цветът на веществата, цветът в природата, цветът в техниката и т.н. Освен с цветни фотоси и диаграми, информацията бе представена с нетрадиционни модели с опростен принцип на действие (с натискане на лост или копче се постига желаните ефект). Моделите (разлагане на светлината на слънчев спектър, спектрален Нютонов кръг, абсолютно черно тяло, субтрактивно и адитивно смесване на цветовете, модел, онагледяващ електролуминесценцията) бяха естетически издържани в унисон с цялостното изпълнение на илюстративния материал.

По подобен начин се постаряхме да интерпретираме и темата за радиоактивността, особено актуална поради многото данни и спекулации, свързани с аварията в Атомната електроцентрала в Чернобил през 1986 г. Образователната програма “Радиоактивност без тайни” бе реализирана със съдействието на Център “Отворено образование” от работна група с ръководител Пенка Лазарова. При изработването на илюстративния материал и действащите модели участваха и ученици от 151 СОУПИ. Това помогна за развиване на естетическите и техническите им умения и разкри пред тях радостта от творчеството, а надяваме се, че мотивира у тях интереси към физиката.

Програмата представи същността на радиоактивността като физическо явление и историята ѝ като “верижна реакция” от открития, които опровергават старите представи за устройството на материята и променят живота и бита на хората. Особено внимание бе отделено на различните аспекти от приложението на радиоактивността и последиците от тях върху човека и обкръжаващия го свят. Знанията, получени от учебниците, се осмисляха и разширяваха, а действащите модели на атома, верижна реакция, ядрен реактор, циклотрон, Гайгер-Мюлеров брояч, помагаха за активното възприемане на информацията. В умерен и спокоен тон се изясняваха явления, следствия и факти, свързани с радиационния фон, ядрената енергетика, аварията в Чернобил и т.н. Оказа се, че тези проблеми вълнуват учениците от всички възрасти. Особено важен резултат от неизбежните дискусии, бе изводът, че науката и нейните постижения не са опасни за знаещия, за можещия, за професионалиста. Опасностите се крият в незнанието, в липсата на информация и морала на хората. По мнението на преподавателите по физика, тази образователна програма е помогнала много на учениците за илюстриране, осмисляне и допълване на знанията им за радиоактивността.

Не твърдим, че сме разкрили пред посетилите музея учащи се, всички тайни на физиката. Но ако сме успели да повдигнем крайчето на завесата, зад която се крие “прекрасният и необятен свят на физиката” (Н. Балабанов), можем да считаме, че сме изпълнили своята мисия като образователна институция. Останалото предоставяме на училището, на което сме били и ще бъдем партньори в непрекъснатия “процес на усъвършенстване на образованието” (Ж. Делор).

---

<sup>1</sup>**Лео Есаки** - лауреат на Нобеловата награда по физика за 1973 г., ректор на Университета в Цукуба, Япония, доктор хонорис Кауза на СУ "Кл. Охридски"

<sup>2</sup>**Жак Делор** - бивш министър на икономиката и финансите на Франция и бивш председател на Комисията на европейските общности (1985-1995), председател на Международната комисия по образованието на XXI век.

**Пенка Лазарова**

# ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВРЪЗКАТА МЕЖДУ ФИЗИКАТА, ТЕХНОЛОГИИТЕ И ИКОНОМИЧЕСКИЯ РАСТЕЖ

Дж. Цанг, Х. Абарбанел, Г. Конел, Л. Ланцероти и Дж. Съливан

(членове на експертна група по обществени проблеми (ЕГОП)

към Американското физическо дружество)

Много от нас смятат за тривиален въпросът как научното знание осигурява икономическа полза в съвременния свят. Но той не е. Обществената оценка за стойността на научното знание и на физиката в частност е критична по отношение на непрекъснатата финансова подкрепа за нашата работа. Разбирането на начина на мислене на заинтересованите хора извън научните среди за икономическите облаги от такава подкрепа, е основното средство за отговор срещу днешния натиск върху физичните изследвания и образование. Ясното разбиране на практическата стойност на физичното знание за съвременната икономика и възможността за популяризиране на това схващане е основен фактор за оправдаване на бъдещи инвестиции в научните изследвания и разработки (НИР).

Тези усилия са необходими, защото финансовата подкрепа за НИР в САЩ е съществена. Ако учените приемат тази подкрепа за даденост, тя може значително да намалее или да бъде преразпределена по начини, които смятаме за неефикасни. През 1999 г. за НИР ще бъдат похарчени около 215 милиарда долара от обществения и частния сектор. През деветдесетте години за изследвания в САЩ се харчеха годишно над 2,5 % от brutния вътрешен продукт (БВП). Общите разходи от края на седемдесетте години са се удвоили. Този растеж е тласкан от промишлеността, която сега осигурява над 65 % от цялото финансиране на изследванията, отменяйки традицията 60 % от щатските НИР да се осигуряват от федералния бюджет.

Шестдесетте и три милиарда долара федерални разходи за НИР през 1998 г. е внушителна част от общите свободно формирани федерални разходи. Даже петнайсетте милиарда долара, харчени годишно от Вашингтон за "фундаментални изследвания", са измерима част от тези разходи. За сравнение общото федерално финансиране на изкуства и хуманитарни науки, преди да надделее стремежът към намаляване на дефицита, беше само 350 млн. долара. Учените би трябвало да се запитат защо са били в състояние да привлекат толкова много федерални долари. Физиките би трябвало също да вземат предвид нарастването на финансовата подкрепа за НИР от частния сектор през последните две десетилетия и да разберат благоприятните възможности, които това предоставя.

Като физици вярваме, че образованието по физика и физичните изследвания допринасят за благополучието на обществото по многобройни осезаеми и неосезаеми пътища. Нематериалният принос на физиката се изразява в удовлетворението на човешкия инстинкт да се опознае светът, в който живеем, посредством фундаменталното разбиране на физическата вселена. Приносът на модерната физика



към много различни страни от съвременния живот е неоспорим пример за това как физиката обогатява материално хората. Макар ние, физиците, да не сме построили нещата, които виждаме около себе си, знаем, че те са основани на идеите ни. За много от нас интелектуалната красота и епизодичните обвързвания оправдават националната инвестиция в образованието и работата ни.

При все че се стремим да оправдаем неосезаемата страна на физиката, трябва да признаем, че по-материалните обосновки винаги са били крайно необходими за нашето общество. Широко разпространено е съгласието, че научните открития, основани на изследвания, често са необходими, но почти никога достатъчни за нови технологии и икономически растеж. Макар че много нови продукти и процеси водят началото си от научните открития, научното откритие често не е "най-трудната" от стъпките, водещи навън от научната лаборатория. Тази стъпка почти никога не е достатъчна за пазарното стопанство. Изказването: "Аз реално не съм построил това, но то е базирано на моя идея", сега предизвиква повече неодобрение отколкото уважение.

Две главни теми присъстват в библиографичното есе на ЕГОП посветено на изследванията, технологиите и икономическия растеж. Едната е дали съществуващата изследователска организация в САЩ и системата за нейното поддържане осигуряват достатъчни икономически постъпления в текущото равнище на инвестиции в НИР. Другата е усилието да се даде количествена оценка на икономическата полза от научните изследвания.

Дебатът по първия въпрос предизвиква традиционните различия между основните и приложните изследвания и значението на основните изследвания като движеща сила за нововъведенията. Той подсказва, че системата и организациите, които бяха много успешни след Втората световна война, трябва да предприемат значителни промени, за да посрещнат днешните предизвикателства. Това може силно да повлияе на помощта за физичните изследвания.

Във връзка с втория въпрос, широко приета е идеята, че изследванията са необходими за икономическия растеж. Но няма единодушно мнение за това как икономическата полза от научните изследвания може да бъде количествено определена. Не съществува интелектуална инфраструктура, която да свързва равнището на финансова подкрепа за изследователската работа с количественото нарастване на БВП. Обратно на това обаче, анализаторите вярват, че ние количествено разбираме икономическите последици от много други инвестиционни действия. Тъй като бюджетите са количествени инструменти, възможността да обвържем количеството резултати с количеството вложения се явява преимущество. Трябва да обърнем сериозно внимание на усилията на икономисти и политически анализатори да дадат количествен израз на икономическите приноси на НИР.

### **Връзка наука – технологии**

Нашите съвременни институции и политика са решения на вчерашни предизвикателства и проблеми. От Втората световна война насам някои от тях са се променили. Понякога това може да изисква нови решения. Изучаването на ролята на науката и технологиите в нововъведенията подобрява нашето разбиране за приноса на изследванията в икономическия растеж. Разбирането в тази област традиционно се осъществява чрез комплексно изучаване на състоянието (данни) и създаването на

прости модели (теория), които се опитват да обобщят тези изследвания. Моделите предизвикват спорове както по отношение на вътрешната си последователност, така и във връзка с въпроса дали наистина описват действителността. Тези дискусии са важни, защото различните модели осигуряват различни идейни рамки, чрез които политически съветници, учени, инженери, гледат на сложните взаимовръзки между наука, технологии и икономически растеж.

Много разработки от първата половина на 20-ти век показаха ограничеността на "необразовани, практични" изобретатели и необходимостта от високообразовани новатори, способни да разбират и да провеждат научни и технически изследвания. Това създаде модел на новаторство, в който техническият прогрес започва с фундаментални изследвания, а "фундаменталните изследвания определят темпа на технологичните постижения". Проектите, представящи революционни нововъведения, бяха теоретично описани като започващи от фундаменталните изследвания, преминаващи през приложните и завършващи с усъвършенстване. Този т. нар. "линеен модел" осигурява привлекателна обосновка за подкрепа на основните изследвания. Предположенията, които стоят в неговата основа, имаха значително влияние върху практиката и политиката на НИР в САЩ в продължение на много години след Втората световна война.

Днес линейният модел е възприет от много политически кръгове. През седемдесетте и осемдесетте години загрижеността за представянето на САЩ в глобалната икономика събуди значителен интерес към връзките между научното знание и икономическия растеж. Преоценката на линейния модел доведе до по-сложни модели на новаторския процес и на ролята на изследванията в него. Тези модели се базират на това, което днес се схваща като уникални характеристики на съвременната икономика. Те включват особената роля на времето в пазарните отношения, изключителната конкуренция, глобализацията на проектите, производственото качество и др. Всички те наблягат върху значението на приложните изследвания и на обратната връзка с ползватели, клиенти и пр. в технологичното новаторство. Бързото, непрекъснато развитие на продуктите, описано от закона на Мур, се смята за основен път, по който изследванията могат да допринесат за икономическия растеж. Съвременното осмисляне на връзката между научното знание и икономическите нововъведения силно влияе върху начина, по който днес се оправдава и структурира финансирането на изследователските работи.

### **Оценка на НИР**

Задоволителното количествено разбиране на начина, по който научните изследвания се разплащат на пазара, би позволило директно сравняване на печалбите с инвестициите в изследванията, както и с други видове инвестиции. За физици, които познават историята на транзистора, полупроводниковата индустрия изглежда чудесен пример за това как изследванията могат да имат огромна икономическа полза. Но в съвременната методология на модерната икономика няма общоприет цифров или аналитичен модел на приноса на научното изследване към количествения икономически растеж. Противоречията в тази сфера са интелектуални предизвикателства и заслужават внимание. Този проблем е тясно свързан с управлението на изследванията в бизнеса. Доминиращата методология в миналото е прилагала изчисляване на нетната действителна стойност в момента на проекта /НДС/. Този способ беше въведен за такива инвестиции, като построяване на заводи и купуване на авиолинии, но е сериозно

критикуван като изхабен инструмент, който по-скоро дава погрешни резултати, отколкото добро ръководство за политиката на НИР.

Новата наука за количествена оценка на риска изучи този проблем през миналото десетилетие и предложи друга база за анализ. Новият подход набляга на факта, че текущите инвестиции за изследванията осигуряват информация, позволяваща по-добро оползотворяване на бъдещите инвестиции. От тази гледна точка една инвестиция в изследванията е аналогична на свободата за финансов избор. Инвестицията се разглежда като цената за поддържане на тази свобода, докато се вземе по-сигурно решение за продължаване или ликвидиране на проекта въз основа на последствията, базирани върху резултатите от изследването. Такива систематични подходи към инвестирането в изследванията повдигат предизвикателни въпроси, като например как да се сравняват различните видове изследвания, как се достига до стратегически насоки, при които опционната стойност на предложена изследователска дейност може да бъде оценена количествено, и как може да се дефинира метрична система за оценка на въздействието на стратегическия избор.

### **Заклучение**

Подробни примери за стойността на НИР са в основата на всеки консенсус за стойността на физичните изследвания. Те обаче не помагат при случаите, когато хората се опитват да разберат допълнителните облаги от 7-процентното годишно увеличение във федералното финансиране на фундаменталните изследвания в сравнение например с по-малкото годишно увеличение на изследователското финансиране и новите данъчни кредити за корпоративни НИР или увеличеното финансиране за първоначалния старт. Даже в ерата на бюджетните излишъци се налага да бъдат предприети такива стъпки. По-доброто разбиране на приноса на НИР за нашата икономика и развитието на метрична система, която да определя количествено този принос би улеснило оправдаването на НИР пред обществото.

Понастоящем обаче физиците трябва да бъдат реалисти по отношение на характера на аргументите, които можем да изтъкнем. Можем ясно да посочим къде сме въздействали интелектуално, но трябва да признаем, че нашето икономическо влияние най-общо е дошло като част от дейността на учените, инженерите и хората с техническа насоченост. Ако работим заедно с нашите колеги по професия, ако приемем, че голяма част от избора при формиране на научна и технологична политика е политически и ако сме готови да се ангажираме с политическия процес, чрез който се прави този избор, то ние знаем достатъчно за икономическото въздействие на физичните изследвания и образование в настоящия момент, за да се чувстваме удобно, макар и не самодоволно за икономическото бъдеще на нашата професия.

*Статията е резюме на представеното наскоро библиографично есе от Комитета по наука, технологии и икономически растеж на експертна група по обществени проблеми към Американския Съюз на Физиците. Пълният доклад – на адрес: [www.aps.org/public\\_affairs/popa/ateg.html](http://www.aps.org/public_affairs/popa/ateg.html).*

Превод от английски: **Милкана Ненчева**

(J. Tsang, H. Abarbanel, G. Connell, L. Lanzerotti, and J. Sullivan, "Exploring the connection between physics, technology, and economic growth", *ABS News*, Jan. 1999)

# **26-та МЕЖДУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОСМИЧНО ЛЪЧЕНИЕ**

(Солт Лейк Сити, САЩ, 17 - 29 Август 1999 г.)

**Щилян Кавлаков**

През лятото на всяка нечетна година от 1947 досега специалистите по физика на космичните лъчи от цял свят се срещат, за да обменят информация и опит за изследванията си, да обсъдят последните резултати и да набележат най-важните насоки на следващите си търсения.

За страна - домакин обикновено се определя тази, в която физиците са допринесли значително за изясняване на свойствата на тези лъчи. Не можем да не отбележим, че през 1977 г. такова домакинство беше възложено на нашата страна и че малобройният тогава колектив от млади и ентузиазирани изследователи се справи отлично с тежките организационни проблеми, свързани с участието на над 500 учени от цял свят.

Тази година честта да организира 26-та поредна конференция по космични лъчи се падна на столицата на щата Юта - Солт Лейк Сити и, както ще видим по-нататък – напълно заслужено.

В изискания хотел Hilton, в самия център на бързо растящия град се събраха около 500 учени от около 50 страни. Както винаги групата на страната – домакин беше най-голяма, следвана по численост от японската, италианската и английската. За първи път беше представена и Бирма. За съжаление, сега, както и на предпоследната конференция в Южна Африка аз бях единственият български участник.

Оригиналните доклади и съобщения бяха разпределени в три паралелни секции:

1. Произход на космичните лъчи.
2. Високоенергетични космични частици.
3. Взаимодействия на космичните частици в хелиосферата.

Първите следобедни часове бяха за пленарни заседания, посветени на последни достижения в астрофизиката, космонавтиката, физиката на елементарните частици, електрониката, автоматиката и други съседни науки.

Почти всички вечери бяха запазени за работни съвещания и обсъждания на най-последните предложения за нови експерименти.

През последния ден предварително определени специалисти синтезираха представените резултати по съответни раздели. Така в истински американски стил на пълно дневно натоварване бяха представени 970 оригинални съобщения, 12 доклада по

съседни области, 9 репортерски обобщения и се проведеха 4 специални работни обсъждания.

26-тата Международна конференция по космични лъчи беше последна за това столетие и за това хилядолетие. Но по използване на компютри, специален софтуер, автоматика и аудио-визуална техника, тя беше истински преход към 21-ви век.

За първи път всички статии бяха представени по електронна поща. Разпределени автоматично от централния компютър, те на секундата се предаваха на компютъра на съответните референти, а авторът получаваше потвърждение за получаването и основния номер на статията.

За първи път отпечатаните томове на всички статии, тежащи около

10 килограма, бяха дублирани на компакт диск, с тегло няколко грама, с фантастични възможности за бързо намиране, препращания и справки. А на разположение на участниците бяха 50 нови workstations, доставени от спонсора SUN computers.

А лекцията на кралският астроном на Великобритания, проф. Malcolm Longair за ЕВОЛЮЦИЯ НА ГАЛАКТИКИТЕ остави неподвижни дори и американските колеги. Той се асистираше от два преносими компютъра, използваше три екрана и пълната мощ на стереофонията на залата. Специално разработени програми ни показваха създаването на първите атоми, формирането на молекулите, развитието на звездите, експлозиите на суперновите, взаимното проникване на две галактики. И всичко това паралелно със съставянето на уравнението и представяне на математичното му решение при различни параметри ...

На конференцията безспорно най-дискутираният проблем беше недостатъчната интензивност на потока неутрино от Слънцето. Известно е, че теорията на термоядрените реакции, протичащи във вътрешността на Слънцето, добре се съгласува с излъчваната от него енергия. Но количеството на получените при тези реакции неутрино би трябвало да бъде около два пъти повече от експериментално наблюдаваното.

За да си представим трудностите по експерименталната регистрация на неутриното, трябва да имаме предвид нищожното взаимодействие на тази частица без маса и без електрически заряд. Това значи огромни детектори и специални мерки за ограничаване влиянието на всички други заредени частици. Пуснатите в действие преди около десетина години "класически" апаратури бяха с детектори "само" от по неколкостотин тона. Всички те потвърждават това необяснимо намаление на слънчевия неутринен поток.

През 1994 г. имах възможността да разгледам отвътре първата апаратура от ново поколение за регистрация на неутрино. В изоставена мина, на дълбочина 1000 m под планината до японския град Камиока беше издълбана цилиндрична кухня, в която може да се помести голяма черква. В нея трябваше да се "налее" около 100 килотона чиста вода. Около 1000 специално разработени фотоумножителя трябваше да регистрират черенковската светлина на бързи, преминаващи през водата частици. За пълното екраниране на проникнали отгоре мюони, колегите разработиха бърза електроника, която регистрира и посоката на частиците. С нея бяха отделени само

онези частици, които идват отдолу и преминават през цялото земно кълбо ...  
Резултатите от предварителните измервания, представени на конференцията, дадоха възможност не само да се потвърди измерената по-рано недостатъчност, но и да се определи енергетичният спектър на слънчевото неутрино.

Но американските колеги не бяха чакали тези резултати в бездействие. Те просто бяха успели да повишат обема на детектора още 1000 пъти.

Отдавна се знае, че трикилометровият пласт лед, покриващ Южния полюс, е извънредно чист и прозрачен. И ако в него се пробият вертикални дупки и в тях се спуснат навързани фотоумножители, то регистрацията се извършва, както във вода. А фотоумножителите на 3 – 4 такива дупки на разстояние 18 – 20 m “наблюдават” вече 1 мегатон леден детектор ... И въпреки, че засега са издълбани само няколко дупки, американските космични полярници представиха огромна статистика.

Когато всички дискутирахме невероятните възможности на Южния полюс, проф. Arisaka от Япония представи на извънреден семинар проекта си за универсален детектор, който просто представлява земната атмосфера, наблюдавана от няколко спътника в подходяща орбита при оптимално разстояние помежду им, снабдени с ново поколение фотоумножители и свръхбърза електроника. Така само една наблюдаема ивица от атмосферата в нощната част на земното кълбо е вече над 100 Гигатонен детектор ...

Никой от колегите не си спомня за конференция, на която научното съревнование да е донесло повишаване на възможностите с над 7 порядъка.

Другият голям въпрос: Каква е пределната енергия, съсредоточена в една единствена космична частица, беше обект на много представени работи. Засега са регистрирани отделни космични частици с най-голяма енергия около  $10^{21}$  eV или около 10 джаула кинетична енергия в масата на един протон ( $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg).

Нека бегло си представим тази енергия. Тя надминава около 100 милиарда пъти енергията на масата по Айнщайн. Ако бихме могли да ускорим, да придадем такава енергия само на един грам материя, то ще са ни необходими  $1,67 \cdot 10^{25}$  J или  $4,6 \cdot 10^{18}$  kWh ... А това е производството на АЕЦ Козлодуй за ... 200 милиона години. При съвременните цени от около 4,3 цента/kWh, ще са ни необходими около 200 милиона милиарда US \$ ...

Придаването на такава енергия е на границата на възможностите дори на цялата наша Галактика. Това поставя и въпроса: Пристигат ли космични частици от други галактики? Ако успеем да регистрираме частица с по-висока енергия, отговорът ще бъде твърдо: Да.

За регистрация на частици с такива енергии се използват така наречените Широки Атмосферни Порои (ШАП). Още с навлизането си в атмосферата частицата излъчва Черенковска светлина и предизвиква ядрена реакция при срещата си с атом от елемент, съставляващ въздуха. Продуктите на тази реакция са така енергетични, че от своя страна предизвикват нови реакции. Процесът продължава каскадно през атмосферата и така до повърхността на Земята достигат едновременно милиони вторични частици, покриващи площи от стотици квадратни километри.

И тук голямото съревнование се води от американци и японци.

Японците не разполагат с големи площи. Това не им попречи да създадат най-ефективната апаратура за изследване на ШАП. Отделни детектори, свързани с оптични кабели, бяха разпръснати върху 100 km<sup>2</sup> обработваема земя недалеч от Токио. А високопланинска станция те предпочетоха да изградят на височина 4300 m в Тибет, финансирайки изцяло китайските и тибетските си колеги. С тези апаратури са регистрирани и частиците със засега най-високи енергии.

Колегите от Университета на щата Юта в Солт Лейк Сити отдавна използват регистрация на Черенковската светлина на енергетичните частици в атмосферата. Сега те привършват голяма нова апаратура, основана на така нареченото “FLY’S EYE” (око на муха) разположение на специални фотоумножители. Името подсказва, че се използват големите възможности на фасетъчното разположение на рецепторите в окото на мухата, като така се покрива изцяло наблюдаемата полусфера. За първи път ще се приложи и стерео наблюдение на Черенковската светлина с две независими отдалечени апаратури, за да се определят посоките на идващите частици.

Широко бе дискутиран енергетичният спектър на космичните лъчи. Сега вече се приема за установено, че към 10<sup>17</sup> eV той става по-полегат и това се тълкува като аргумент в полза на пристигане на частици от други галактики.

Европейците се изяха при проектирането на инструменти, предназначени за измервания на спътници. Вече се работят инструментите за голямата Космична орбитална станция, която започна да се изгражда. Готови са и руско-италианските проекти за инструменти на полярния спътник, който ще лети на височина 700 km. Всички те ще уточняват химическия състав на галактичните космични лъчи, както и наличието на позитрони и на антиядра.

За проследяване влиянието на слънчевите потоци върху редица геофизични процеси бяха представени много съобщения, базирани на данни от световната мрежа непрекъснато работещи неутронни монитори.

Периодичните и внезапни изменения на интензитета на вторичните космични лъчи, съпоставени с данни за състоянието на магнитосферата и слънчевата активност, са дали възможност на редица автори да правят и краткосрочни прогнози за предстоящи магнитни бури. За намаляване на статистическата грешка детекторите стават все по-големи. Нека само споменем за системата MILAGRO, която предостави първите си данни. Това е изкуствено правоъгълно езеро с повърхност 5 декара и дълбочина 8 m, разположено на височина 2000 m в щата New Mexico. Поставените на различни дълбочини фотоумножители се използват освен за регистрация на ШАП и за непрекъснато измерване на интензитета на мюоните с огромна точност.

Трудно е дори само да се изброят новите измервателни апаратури, комбинациите от детектори, специализирана електроника и автоматика, предложени от различни работни групи. Невъзможно е да се опишат и теоретичните моделни разработки, които предварително задават параметрите на сложните апаратури. Може само да се отбележи, че измерванията днес силно се отличават от това, което беше обикновено преди няколко години. Практически всяка апаратура се управлява от компютър, а специализиран software представя полученото в най-удобен за интерпретиране вид.

Отличните впечатления от организацията на конференцията се допълват чудесно от тези за прекрасния град – домакин. Разположен на високо плато, обкръжен отвсякъде с планини, той не напразно е определен за домакин и на Зимната Олимпиада през 2002 г.

Водейки мормоните на запад от Мисисипи, Brigham Young достига това красиво плато през 1847 г. Той постановява: Това е мястото, определено ни от нашия Бог. И днес вярващите мормони съставляват основната част от жителите и на Солт Лейк Сити, и на щата Юта. С морала си, организираността си, трудолюбието си, те са успели да превърнат това красиво, но сурово място в истинска градина, където електрониката, новите технологии и туризмът се развиват невероятно бързо.

А извънредно богатият щатски университет показва, че тук науката е на най-почетно място.



# ФИЗИКАТА - НА СЦЕНАТА

През настоящата забележителна 2000 година, в края на 20-ти век, европейската научна и културна общност е свидетел на изключително мащабна програма за отбелязване ролята на физиката, която с постиженията си достигна своя апогей през този технологичен век и тотално преобрази нашето ежедневие. Инициатори за тази европейска проява, наречена "ФИЗИКАТА - НА СЦЕНАТА", са водещите европейски научни организации - де факто европейски научни концерни, като **Европейската лаборатория за физика на частиците (CERN)**, **Европейската космическа агенция (ESA)** и **Европейската южна обсерватория (ESO)**.

Изключителна чест е за България, която от 1999 г. е приета за член на CERN и пак в края на същата година изпита радостта да бъде сред поканените за преговори страни за пълноправно членство в Европейския съюз, че е между участващите 22 европейски страни и в тази инициатива на европейската физика. Определените квоти на участниците в заключителните мероприятия са: Германия (с 45 представители), Великобритания (с 40), Франция (с 40), Италия (с 40), Испания (с 30), Полша (с 28), Холандия (с 14), Белгия (с 12), Португалия (с 12), Чехия (с 12), Гърция (с 12), Унгария (с 12), Швеция (с 11), Австрия (с 10), България (с 10), Швейцария (с 9), Дания (с 8), Финландия (с 8), Словакия (с 8), Норвегия (със 7), Ирландия (със 7) и Люксембург (с 3).

Програмата "Физиката - на сцената" се провежда в рамките на Европейската седмица на науката и технологиите в 2000 година. Частично тя ще бъде финансирана от Европейската комисия като част от 5-та рамкова програма (Подобряване на човешкия научен потенциал и социално-икономическата база на знанието) в рамките на програмата "Увеличаване на научните и технологични стоки за общността".

През последните десетилетия се отчита прогресивно влошаване на грамотността по физика на широките слоеве от европейското население. Затова програмата "Физиката – на сцената" цели с редица много популярни и масови мероприятия, свързани с физиката, да се информират хората в Европа чрез новаторски начини на поднасяне на информация за физиката и връзката на тази наука с нашия ежедневен живот.

Реализирането на програмата ще протече на три етапа:

- Етап 1: В периода януари – октомври 2000 г. физическите организации на участващите страни ще се запознаят с обстановката и заедно с националните медии ще набележат нови и ефективни педагогически подходи към обучението по физика на различни равнища: демонстрации, интерактивни експерименти, видео прожекции, Web приложения, театрални представления и т.н. като основа за следващия етап.
- Етап 2: Провеждане на 5-дневен Фестивал на физиката в периода 6 – 11 ноември 2000 г. Пред 400 делегати от участващите европейски страни ще се демонстрират нови методи на обучение по физика и ще се дискутират начините как да се облекчи проблемът с обучението по физика. Ефективни демонстрации

на нови инструменти и методи за обучение ще бъдат разпространени чрез телевизиите и другите медии за европейската публика. Ще бъдат показани до 10 специални представления – избрани и финансирани от програмата “Физиката – на сцената”.

- Етап 3: Резюмиране на резултатите от провеждането на инициативата през декември 2000 г., като подобно резюме за методите и средствата за подобряване грамотността по физика ще бъде подготвено и предадено на организациите, отговарящи за обучението в съответните европейски страни.

Централно събитие ще бъде уникална конференция в CERN (Женева) по време на Европейската седмица на науката и технологиите, която ще събере представители на преподаватели по физика от цяла Европа заедно с медиите, за да се спре намаляването на привлекателността на физиката за младите хора и да се разработят стратегии за промяна. Посредством дискусии на експерти, обмяна на опит и търсене на новаторство ще се генерира ново развитие. За да се достигне до максимално въздействие, освен учители, популяризатори на науката, издатели, инженери и работещи в областта на технологиите (в космоса, във физиката на частиците и в астрономията), ще бъдат поканени и видни учени, министри, генерални директори на различни организации. Внимателният подбор на национално равнище ще осигури присъствието на най-нужните хора за обезпечаване на успешното провеждане на инициативата. Предвижда се и документален филм за “Физиката – на сцената” да бъде предложен на ARTE и на други телевизионни компании.

Българското участие в тази мащабна инициатива е предшествано от успешното ни представяне в европейските седмици на науката и технологиите през 1996 г. и през 1998 г. в “Астрономия – пряка връзка” (Astronomy on Line) и “Морето и Космоса” (Sea and Space), при което България се нареди сред първите 5 най-активно представени европейски страни наред с Германия, Франция, Италия, Гърция и Дания. Наши студенти получиха персонални награди за успешното си представяне и дори участваха в Европейското жури за излъчване на най-добре класираните се ученици и студенти от Европа в Лисабон през 1998 г. За тази цел Центърът за астрономически данни при БАН, създаден с помощта на фондацията Александър фон Хумболд (Германия) и Европейската южна обсерватория, предостави възможност да се ползва изградената още през 1994 г. компютърна локална мрежа и връзка с Интернет, като понастоящем обслужва и програмата “Физиката – на сцената”.

По инициатива на Съюза на физиците в България още в началото на януари т.г. се състоя учредително съвещание, на което беше определен инициативен комитет, председателстван от проф. Иван Лалов, за провеждане на “Физиката – на сцената” в България. В него влизат 34 известни български физици, представители на съответните министерства, на парламентарната комисия за наука, на медиите и др. Изготвя се подробна Национална програма за провеждане на “Физиката – на сцената” у нас, която ще бъде анонсирана в началото на февруари.

Провеждането на “Физиката - на сцената” съвпада с домакинството на България на 4-тия конгрес на Балканския физически съюз, който ще се състои във Велико Търново от 22 до 27 август 2000 г. и ще съвпадне по същество с пика инициативи, бележещи програмата “Физиката - на сцената” у нас. В тази връзка се очертава България да се превърне и в регионален координатор на тази европейска инициатива. Предвижда се и документално филмиране на “Физиката - на сцената” в България и филмът да бъде

показан по време на фестивала "Физиката - на сцената" в Швейцария. Ще бъде издаден постер "Физиката - на сцената в България" и специална брошура, отразяваща пълната национална програма.

Финансирането на "Физиката - на сцената" частично ще бъде осъществено от Европейската комисия като част от организирането на Европейските седмици на науката и технологиите на национално равнище, като се предвижда всяка страна да получи по 5000 ECU. Отделно ще бъдат финансирани и тематични проекти, свързани с тази програма. С популяризирането на инициативата "Физиката – на сцената" се очаква и финансова подкрепа от правителството, от Министерството на науката и образованието и от проспериращи фирми.

Националният сървър за "Физиката - на сцената", който за целта ще бъде обновен, има електронен адрес: [http://www.skyarchive.org/PoS\\_2000](http://www.skyarchive.org/PoS_2000), на който може да се намери по-подробна информация, а също адресите за контакти и участие във "Физиката - на сцената", както и условията за включване в Националната програма.

**Милчо Цветков**, И-тут по астрономия - БАН

# РИЧАРД ФАЙНМАН - ПОЗНАТИЯТ И НЕПОЗНАТИЯТ

## Част 1



### Кратки въвеждащи бележки

Едва ли има физик, който да не е чувал за **Ричард Филип Файнман** - Файнманови диаграми и Файнманови правила в квантовата теория на полето, Файнманови интеграли по траектории, Файнманово представяне на квантовата механика, знаменитите Файнманови лекции по физика (преведени и на български). Българският читател може още да намери (в руски превод) книгите на Файнман: "Квантова електродинамика", "Статистическа физика", "Квантова механика и интеграли по траектории", "Характер на физическите закони", "Фотон-адронни взаимодействия", "КЕД - странната теория на светлината и веществото". Само през последните 3-4 години "Светът на физиката" публикува няколко статии за Файнман: от Дж. А. Уилър "Младият Файнман" (СФ 2/95), от Фр. Дайсън "Чиразуване в науката" (СФ 1/97) и "Пътуване до Албъркърки" (СФ 2/97). А излязлата неотдавна у нас книга на Л. Ледерман и Д. Теръси "Частичката Бог" ("Просвета", С., 1997) е буквално наситена с личността на Файнман, който на едно място (с. 193) направо е наречен "нашият светец-покровител" (естествено е, че за Файнман се говори и в отзива за тази книга - СФ 2/98).

При цялото това изобилие на печатни издания от и за Файнман неговата ярка личност остава до голяма степен непозната без прочита на двете му автобиографични книги: "'Вие навярно се шегувате, г-н Файнман' - приключенията на един любопитен персонаж" - 1985 г. и "'Какво те е грижа какво мислят другите?' - по-нататъшните приключения на един любопитен персонаж" - 1988 г. (кавичките вътре в заглавията не са случайни). Към тях трябва да прибавим излязлата малко по-

късно книга на Джеймс Глейк "ГЕНИЙ- животът и науката на Ричард Файнман" - 1992 г.<sup>1</sup>

Кратко ще опиша двете книги на Файнман, от които са взети всички по-нататъшни текстове (за краткост занаяпред ще ги означавам с **А** и **В**).

[Но преди това ще направим едно отстъпление, съзвучно с новата рубрика "Lingua Physica", относно произноса на името - Файнман или Фейнман (то също се среща у нас). Правилото на американците е: името се произнася така, както иска притежателят му (да си спомним, че актьорът Рийган стана като президент Рейган и би могъл още три пъти да промени името си - в съответствие с 5-те начина за произнасяне на дифтонга ea). Бащата на Файнман, Мелвил, е държал името му да се произнася като Fineman (или Feinman; срв. Дж. Глейк, с. 24), което недвусмислено означава Файнман.]

*Книгата А се състои от 40 разказа, в които хронологията се указва (твърде приблизително) от названията на отделните глави: 1. От Фар Рокауей до МТИ; 2. Години в Принстън с бразилски оттенък; 3. Файнман, бомбата и военните; 4. От Корнел до Калтех; 5. Светът на един физик.*

*Книгата В се състои от 2 части. Част 1. "Любопитен персонаж" съдържа като допълнение към А отделни епизоди от живота на Файнман без никакъв стремеж към хронология. Централно в нея е романтичното повествование за Ричард и Арлин; този разказ е дал заглавието на цялата книга - кавичките в заглавието сочат фразата, която е девиз в отношенията между двамата млади. Част 2. "Г-н Файнман отива във Вашингтон" е подробен разказ за участието на Файнман в комисията, която разследва причините за гибелта на космическата совалка Challenger на 28 януари 1986 г. (загиват 7 души космонавти). Този разказ е твърде обемист (90 с.), за да бъде включен тук, но кратко резюме ще дадем в едно от следващите встъпления. Книгата завършва с "Епилог", който макар да е реч на Файнман от по-ранни години, звучи като своеобразно кредо (и равностетка) на един живот в науката.*

*Накрая трябва да споделя с читателите, че най-труден беше подборът на отделни епизоди - всички са така интересни! Но се надявам, че отдавна подготвяният български превод на книгата А все някога ще се появи.*

\* \* \*

### **Файнман за себе си (А, стр. 11)**

**(автобиографични бележки, 1985 г.)**

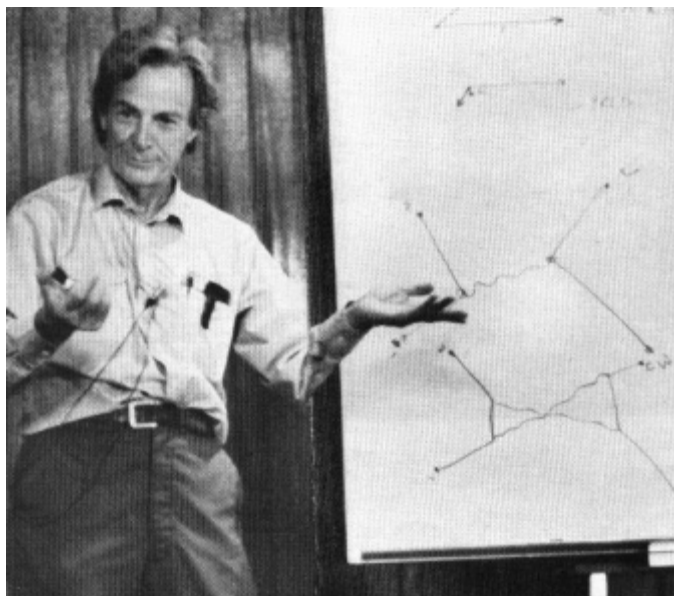
Роден съм през 1918 г. в малкото градче, наречено Фар Рокауей<sup>2</sup>, в предградията на Ню Йорк, близо до брега на океана. Живях там до 1935 г. На 17-годишна възраст постъпих в МТИ<sup>3</sup>, където учих 4 години, след което се преместих в Принстън, през 1939 г. Докато бях в Принстън, започнах работа по проекта Манхатън, а през април 1943 г. се преместих в Лос Аламос. Там бях до октомври или ноември 1946 г., когато се преместих в Корнел.

Ожених се за Арлин през 1941 г. и тя почина от туберкулоза, докато бях още в Лос Аламос, през 1946 г.

В Корнел останах до 1951 г. През лятото на 1949 г. посетих Бразилия, а през 1951 г. бях там за половин година, след което се преместих в Калтех, където съм и до днес.

Към края на 1951 г. заминах за Япония, където бях няколко седмици, а след една или две години отново заминах за там, малко след като се оженихме с Мери Лу.

Сега съм женен за Гуенът, която е англичанка, и имаме две деца - Карл и Мишел.



Лекция пред випускници на Калтех, 1978 г.

## Предговор(А, стр. 5)

(на Ралф Лейтън)

Историите в тази книга са събирани постепенно в продължение на седем години по време на твърде увлекателните ни дуети на барабани. Трудно е да се повярва, че един човек може да изживее толкова удивителни лудории. Това, че човек може през живота си да изобрети толкова невероятно изобилие от невинни пакости, само по себе си е извор на вдъхновение.



Извличане на модулирани звуци от "лудия барабан" заедно с Ралф Лейтън, 1984 г.

## **Увод (А, стр. 9)**

(от Албърт Хибс, Калтех)

Надявам се това да не са единствените мемоари на Ричард Файнман. Тези спомени със сигурност обрисуват вярно голяма част от неговата личност: неговата непреодолима страст да разрешава загадки, предизвикателните му шеги, неговата нетърпимост спрямо лицемерието и високомерната глупост.

Все пак това са само отблясъци от същината на неговия живот- науката. Тя се появява тук и там в задния план на разказите, но никога не е онзи фокус, който познават поколения от негови ученици и колеги. Вероятно така и трябва да бъде. Предизвикателствата, огорченията, вълненията и дълбоката радост от научното търсене са извор на щастие в неговия живот.

Спомням си като негов студент лекциите му. Застанал пред залата, той се усмихваше на всички нас, когато влизахме, пръстите му барабанеха сложен ритъм върху катедрата. Когато и последните слушатели заемаха местата си, той взимаше тебешира и започваше бързо да го превърта през пръстите си, както правят професионалните крупиета с чиповете, продължавайки да се усмихва като на някаква своя тайна шеговита мисъл. След това, все така засмян, започваше да разказва за физиката, а неговите чертежи и уравнения ни помагаха да разберем думите му. Не някаква шеговита мисъл пораждаше усмивката и бляскавия поглед - това беше физиката. Радостта от физиката! Това беше заразителна радост. Щастливи сме ние, които хванахме тази зараза. Сега е *ваши* ред да усетите радостта от живота в стила на Файнман.

## **Детството на един бъдещ учен (В, стр. 1)**

Имам един приятел, той е художник и понякога говори неща, с които не съм съгласен. Ще вземе едно цвете и ще каже: "Погледни колко красиво е то", а аз ще се съглася. Но след това ще продължи: "аз, като художник, мога да видя колко красиво е едно цвете.

Но ти, като учен, ще го раздобиш цялото на части и то ще загуби прелестта си".  
Мисля, че това са малко смахнати приказки.

Преди всичко красотата, която вижда той, е достъпна на всички хора, а, надявам се, също и на мен. Макар, може би, да не притежавам неговата естетическа изтънченост, аз все пак мога да оценя красотата на едно цвете. Но заедно с това аз виждам в това цвете много повече отколкото той. Мога да си представя неговите клетки, които също притежават красота. Красота има не само в мащаба на сантиметрите - красота има и при по-малките размери.

Съществуват сложни движения на клетките, както и други процеси. Фактът, че багрите на цветето са еволюирали, за да се привличат насекомите, които да го опрашват, е интересен; той означава, че насекомите виждат тези багри. Това прибавя въпроса: дали естетическият усет, който притежаваме ние, съществува също и при по-ниските форми на живот? Има най-различни интересни въпроси, които идват от познаването на науката, и те само увеличават усещанията на загадъчност, вълнение и трепет, предизвикани от цветето. Увеличават. И не разбирам как така ще намаляват.



На велосипеда си във Фар Рокауей

Винаги съм бил твърде едностранчив спрямо науката и, когато бях по-млад, тя поглъщаше цялото ми внимание. Тогава няха време и търпение да изучавам т. нар.



хуманитарни науки. Макар че в университета те бяха застъпени и бяха нужни за дипломирането, аз правех всичко възможно да ги избягна. Едва по-късно, когато станах по-зрял и по-спокоен, интересът ми се поразшири. Научих се да рисувам и по малко чета художествени книги, но в действителност все още съм твърде едностранчив и много са нещата, които не знам. Имам ограничена интелигентност и я използвам в една определена посока.

Преди да се родя, баща ми казал на майка ми: "Ако е момче, ще стане учен".<sup>4</sup> Когато бях съвсем малък, баща ми донесе в къщи цял куп малки фаянсови плочки с различни цветове. Играехме си с тях, баща ми ги подреждаше вертикално като плочки на домино, а аз бутах единия край и те всички се изсипваха.

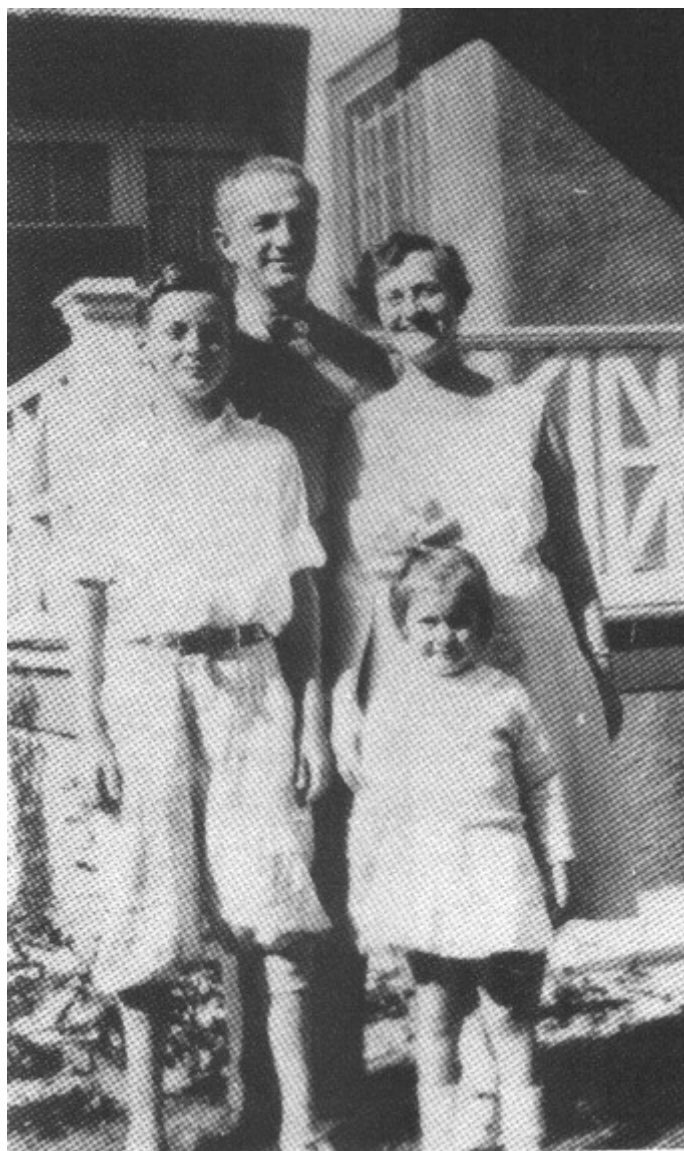
Малко след това започнах да помагам в нареждането. Много скоро наредбата започна да става все по-сложна: две бели плочки и върху тях синя, после пак две плочки и върху тях синя и т.н. Когато майка ми видя какво правим, каза: "Остави детето да си ги реди само; ако иска да слага синя плочка, нека да е синя".

Но баща ми отвърна: "Не, аз искам да му покажа различни мозайки и колко интересни са те. То е нещо като елементарна математика." Така той започна съвсем отрано да ми разказва за света и колко интересен е той.

В къщи имахме *Британска енциклопедия*. Когато бях малко момче, той ме слагаше на коленете си и ми четеше от нея. Четем например за динозаврите. Разказва се за *Tyrannosaurus rex*: "Този динозавър е висок 25 фута, а главата му е 6 фута".

Баща ми спира да чете и казва: "Я сега да видим какво значи това. Това ще означава, че ако застане пред къщата ни, той ще може да покаже главата си на прозореца". (Ние живеехме на втория етаж.) "Но неговата глава ще е твърде голяма и няма да може да се провре през прозореца." Всичко, което ми четеше, той се опитваше да преведе в някаква реалност.

Беше много вълнуващо и твърде интересно да си представям, че е имало животни с такива размери, че те всички са измрели и че никой не знае защо. Не ме плашеше, че някое от тях може да провре глава в прозореца ми. Но от моя баща аз се научих да превеждам всичко, което прочитам, опитвам се да си представя какво означава в действителност, фактически какво ми съобщава.



С родителите (Мелвил и Лусил) и сестричката (Джоан) пред къщата във Фар Рокауей

Често ходехме на планината Кетскил, където хората от гр. Ню Йорк обичат да ходят през лятото. През седмицата бащите отиваха на работа в града и се връщаха в почивните дни. Баща ми ме водеше на разходка из гората и ми разказваше за интересните неща, които стават в нея. Когато другите майки видяха това, много им хареса и те казаха, че и другите бащи трябва да водят синовете си на разходка. Отначало не успяваха да ги убедят. Затова поискаха баща ми да взима всичките деца, но той отказа, защото отношението му с мен е по-особено. Накрая и другите бащи започнаха да извеждат децата си на разходка.

Един понеделник, когато бащите бяха отново на работа, ние децата играехме на поляната. Едно момченце ме пита: “Виждаш ли тази птица? Можеш ли да кажеш коя е тя?”

Казвам му: “Нямам представа”.

А то ми отвръща: “Това е кафявошиест дрозд. Твоят баща на нищо не те учи”.

Но беше тъкмо обратното. Той вече ми беше разказвал: “Виждаш ли тази птица? Това е Спенсървата чучулига.” (Знаех, че не му е известно истинското име.) “Е, на италиански ѝ казват *Chutto Lapittida*, на португалски е *Bom da Pieda*, на китайски е *Chung-long-tah*, а на японски е *Katano Tekeda*. Можеш да знаеш името на тази птица на всички езици в света, но все едно няма нищо да знаеш за самата птица. Ще знаеш само за хората в различните страни и как те наричат птицата. Така че нека да разгледаме птицата и да видим какво *прави* тя - ето това е важното”. (Така аз научих много рано разликата между знаенето на името на нещо и знанието за самото нещо.)

Казва ми: “Например гледай: птицата непрекъснато заравя човката си в перушината. Виждаш ли я как се разхожда и рови перушината си?”

“А-ха.”

“А защо според тебе птиците ровят перушината си?”

Казвам: “Ами може би перата им се разбъркват, когато летят, а след това трябва да ги изгладят.”

“Добре”, казва той. “Ако наистина е така, те биха гладили перушината си най-много, след като са летели. Така че като постоят известно време на земята, те няма така старателно да ровят перушината си, разбираш ли ме?”

“А-ха.”

Казва ми: “Хайде да погледаме дали най-много ровят перушината си веднага след като кацнат.”

Не беше трудно да се каже: почти нямаше разлика между птиците, които известно време са се разхождали, и тези, които току-що бяха кацнали. Затова казвам: “Предавам се. Защо птицата рови перушината си?”

“Защото има въшки, които я дразнят,” казва той. “Въшките се хранят с люспици от белтъка, който се отделя от нейните пера”.

Той продължи: “Въшките имат на крачетата си някакво восъчно вещество, което се яде от едни малки червейчета. Червейчетата не смилат восъка напълно и затова през задния си край изхвърлят вещество, подобно на захар, в което се въдят бактерии.”

Накрая казва: “Виждаш ли, навсякъде, където има източник на храна, има и *някаква* форма на живот, която я намира.”

Е, аз вече знаех, че може би не точно за въшка става дума и че може да не е съвсем вярно, че по крачетата на въшките има червейчета. Тази история вероятно не беше вярна в *подробностите*, но онова, което той ми разказваше, беше *принципно* вярно.

Друг път, когато бях по-голям, той откъсна лист от едно дърво. Листът имаше някакъв дефект, нещо, което рядко забелязваме. По него имаше малка кафява линия във формата на С, която започваше някъде по средата и, криволичейки, стигаше до ръба на листа.

“Погледни тази кафява линия,” казва ми той. “Тя е тясна в началото и се разширява към ръба. Това е една муха - синя муха с жълти очи и зелени крилца е снесла яйце върху този лист. От яйцето се излюпва ларва (нещо като гъсеница), която прекарва целия си живот в ядене на този лист - това е нейната храна. Като расте ларвата, расте и останената от нея бразда, докато към ръба на листа ларвата се превръща в муха - синя муха с жълти очи и зелени крилца, която отлита и снася яйце върху друг лист.”

Отново ми беше ясно, че подробностите не бяха съвсем точни - би могло да бъде и бръмбар, - но идеята, която той се опитваше да ми обясни, беше централната част на живота - продължението на рода. Колкото и сложна да е тази работа, най-важното е тя да се свърши отново!

Като няхах опит с много бащи, аз не осъзнавах колко забележителен е той. Как е научил дълбоките принципи на науката, как е разбрал защо си струва да се занимаваш с нея? Никога не го попитах за това, защото просто приех, че това са неща, които се знаят от бащите.

Баща ми ме учеше да забелязвам нещата. Един ден си играех с влакче на релси, а на вагона беше натоварено топче. Забелязах, че когато дърпах влакчето, топчето върху него се задвижва. Казах на баща си: “Гледай, когато дръпвам вагона, топчето се търкаля назад в него. А когато изведнъж спра, топчето се търкулва напред. Защо става така?”

“Това не знае никой,” отвърна ми той. “Общият принцип е, че нещата, които се движат, се стремят да продължат да се движат, а тези, които са неподвижни, се стремят да останат неподвижни, ако освен не ги бутнеш много силно. Този стремеж се нарича “инерция”, но никой не знае защо е така.” Е, това е дълбоко разбиране. Той ми каза не просто името.

После продължи. “Ако погледнеш отстрани, ще видиш, че дърпаш задната стена на вагона, а топчето остава неподвижно. В действителност триенето го кара да се премества малко напред спрямо земята. То не се движи назад.”

Взех вагончето, сложих топчето върху него и дръпнах вагончето. Гледах отстрани и се уверих, че той е прав. То леко се премести напред спрямо земята.

Ето така ме възпитаваше баща ми, с такива примери и разкази - без никаква принуда, забавно и с интересни разговори. Това ми даде насока през целия ми живот, създаде ми интерес към *всички* науки. (Просто по случайност физиката ми се удава по-добре.)

Оттогава живея с усещането, че в детството съм получил нещо вълшебно и после все продължавам да го търся. Подобно на децата аз търся онези вълшебни неща, които знам, че ще намеря - не винаги, но от време на време.

Братовчед ми, който беше с три години по-голям от мен, учеше в гимназията. Беше му много трудно с алгебрата, та му помагаше частен учител. Разрешаваха ми да седя в ъгъла, докато учителят му обяснява алгебрата. Чувах, че говорят за  $x$ .

Питам братовчед си: “Какво се опитваш да правиш?”

“Опитвам се да намеря колко е  $x$ , когато  $2x + 7 = 15$ .”

Казвам му: “Искаш да кажеш 4.”

“Да, но ти го направи с аритметика, а трябва с алгебра.”

За мой късмет научих алгебрата не в училище, а от един стар учебник на леля ми, който намерих на тавана. Тогава разбрах, че цялата работа е да намериш  $x$  - няма значение по какъв начин. За мен нямаше разлика дали е по “аритметичен” или по “алгебричен” път. Алгебрата ти дава сбор от правила, по които можеш слепешком, стъпка по стъпка да получиш отговора, без дори да разбираш какво правиш. Правилата са измислени така, че децата да ги назубрят и да изкарат изпита. Затова братовчед ми никога не научи алгебрата.

В местната библиотека имаше една поредица от книги по математика. Започваше с *Практическа аритметика*, след това идваха *Практическа алгебра* и *Практическа тригонометрия*. Когато наближих тринайсетата си година, библиотеката очакваше да получи *Практически анализ*. Вече бях прочел в енциклопедията, че анализът е важен и интересен предмет. Трябваше да го изуча.

Когато накрая видях книгата по анализ в библиотеката, много се развълнувах. Но като поисках книгата, библиотекарката ме изгледа учудено: “Ти си много малък. Защо ти е тази книга?”

Това беше един от редките случаи в живота ми, когато се смутих, и затова излъгах. Казах, че е за баща ми.

Взех книгата вкъщи и започнах по нея да уча анализ. Намерих, че е сравнително проста и ясна. Баща ми започна да я чете, но се затрудни и не можа да я разбере. Така че аз опитах да му обясня анализа. Не предполагах, че такова нещо може да го затрудни и това малко ме смути. Разбрах, че в известен смисъл вече знам повече от него.

Едно от нещата, на които освен физиката - правилна или не - ме научи баща ми, беше, че към някои неща не трябва да изпитвам страхопочитание. Например, като бях малък, той ме взимаше на коленете си и ми показваше картинки от в-к *New York Times*. Веднъж имаше снимка на папата и всички около него му се покланяха. Баща ми каза: “Виж тези хора. Един човек стои, а всички други му се кланят. Къде е разликата? Този тук е папата” - той все едно го мразеше. И продължи: “Разликата е в шапката, която той носи.” (Ако беше генерал, това щяха да бъдат пагоните. Но винаги беше облеклото, униформата, положението.) “Но”, каза той, “този човек има същите проблеми като всички други: яде, ходи в тоалетната. Той е човешко същество.” (Впрочем баща ми се занимаваше с търговия на униформи, така че знаеше добре разликата между човек с и човек без униформа - за него това беше един и същ човек.)

Смятам, че беше доволен от мене. Веднъж обаче, когато се върнах от МТИ (бях учил там няколко години), той ми каза: “Сега, след като си научил тези неща, хайде да ми обясниш един въпрос, който все не мога да разбера.”

Попитах го кой е той.

Казва ми: “Разбирам, че когато един атом преминава от едно в друго състояние, той излъчва частица светлина, наречена фотон.”

“Така е,” казвам.

Той ме пита: “Имало ли е в атома фотон преди това?”

“Не, преди това там не е имало фотон.”

“Е, добре,” казва той, “откъде тогава се взима? Как така се появява?”

Опитах се да му обясня, че броят на фотоните не се запазва; те просто се създават от движението на електрона. Но не можах да обясня много добре. Казвам му: “Това е като звука, който в момента правя: той не е бил в мен преди това.” (Това не е като малкия ми син, който веднъж обяви, че не може да произнесе една определена дума - думата се оказа “котка”, - защото тя вече се е свършила в неговата “торба за думите”. Няма такава “торба за думите”, от която да вадиш думи и да ги използваш; по същия начин в атома няма “торба за фотони”.)

Той не остана много доволен. Никога не можах да му обясня нещата, които той не разбираше. Не му провървя: прати ме във всичките тези университети, за да разбере някои неща, но никога не успя.

Макар майка ми да не знаеше нищо за науката, тя също имаше голямо влияние върху мен. Имаше чудесно чувство за хумор и от нея научих, че висшите форми на разбирането, които можем да постигнем, са смехът и човешкото състрадание.

## **"Вие навярно се шегувате, г-н Файнман!"**

(А, стр. 59)

Когато бях студент от началните курсове в МТИ, институтът много ми харесваше. Затова смятах да се дипломирам в него. Но когато отидох при професор Слейтър и му казах какви са намеренията ми, той отвърна: “Няма да те оставим тук.”

“Какво?”

А Слейтър ме пита: “защо мислиш, че трябва да се дипломираш в МТИ?”

“Защото МТИ е най-добрият университет за природни науки в страната.”

“Така ли мислиш?”

“А-ха.”

“Ето защо трябва да отидеш в някой друг университет. Трябва да видиш какъв е останалият свят.”

Така реших да отида в Принстън. Това място притежава своеобразен шик, донякъде имитира английски университет. Затова момчетата от братството<sup>5</sup>, които добре познаваха малко недодяланите ми и безцеремонни обноски, започнаха да ме закачат: “Ще видят те в Принстън каква стока им е дошла! Скоро ще разберат каква грешка са направили!” Затова реших, като отида в Принстън, да се опитам да бъда по-възпитан.

Баща ми ме закара с колата си до Принстън, аз си намерих стая и той си тръгна. Не беше минал и час, когато идва някакъв мъж: “Аз съм управителят на общежитията и трябва да ти кажа, че днес следобед деканът кани на чай всинца ви. Предай, ако обичаш, на съквартиранта си, г-н Сарит.”

Това беше запознаването ми с “Колежа” в Принстън, където живееха всички студенти от горните курсове. Приличаше на имитация на Оксфорд или Кеймбридж - навсякъде говореха с някакъв акцент (управителят на общежитията беше професор по “френска литература”). На входа имаше портиер, стаите бяха чистички и ние всички се хранехме заедно, носейки академичните си мантии, в една голяма трапезария с матирани стъкла на прозорците.

Така че още първия следобед след пристигането ми в Принстън аз отивам на деканския чай, без да знам какво е това “чай” и защо е! Нямах никакъв опит с такива неща и не знаех как да се държа.

И ето ме пред вратата, а деканът Айзенхарт посреща новите студенти: “О, Вие сте г-н Файнман, радвам се, че сте тук.” Това малко ме поуспокои, защото се оказа, че отнякъде ме знае.

Влизам в гостната и там виждам няколко дами и също момичета. Всичко е много официално и аз тъкмо обмислям къде да седна, дали да седна до онова момиче и как трябва да се държа, когато чувам глас зад себе си.

“Сметана или лимон ще искате в чая си, г-н Файнман?” Това е г-жа Айзенхарт, която налива чай.

“И двете, благодаря Ви, отговарям аз, като все още се оглеждам къде да седна, когато изведнъж чувам “Кхъ-кхъ-кхъ. Вие навярно се *шегувате*, г-н Файнман.”

Да се шегувам ли? Какво по дяволите бях изтърсил? Разбрах какво съм направил. Това беше първият ми опит с тия чаени работи.

По-късно, когато вече бях прекарал по-дълго в Принстън, започнах да разбирам смисъла на това “Кхъ-кхъ-кхъ”. В действителност още на първия чай разбрах, че то означава “Правиш гаф в правилата за салонни обноски”. Защото още на следващия път чух същото това покашлюване “Кхъ-кхъ-кхъ” на г-жа Айзенхарт, когато някой на тръгване ѝ целуваше ръка.

Друг път, може би година по-късно, на друг чай аз разговарях с професор Уилт, астроном, който беше развил някаква теория за облаците на Венера. Предполагаше се, че те са от формалдехид (забавно е какви работи са ни вълнували едно време) и той беше обяснил как формалдехидът се утайва и т.н. Беше извънредно интересно.

Разговаряхме за тези неща, когато една дребничка госпожа дойде и каза: “Г-н Файнман, г-жа Айзенхарт иска да Ви види.”

“Добре, една минута ...” и продължих да разговарям с Уилт.

Дребната госпожа дойде отново и каза: “Г-н *Файнман*, г-жа Айзенхарт иска да Ви види.”

“Добре, добре!” и отивам при г-жа Айзенхарт, която налива чай.

“Искате ли чай или кафе, г-н Файнман?”

“Г-жа Еди-коя-си каза, че искате да говорите с мен.”

“Кхе-кхе-кхе. *Чай* или *кафе* ще искате г-н Файнман?”

“Чай,” казвам, “Благодаря.”

След няколко секунди идва дъщерята на г-жа Айзенхарт заедно със своя съученичка и нас ни запознават. Цялата работа с това “кхе-кхе-кхе” беше, че г-жа Айзенхарт не искаше да говори с мен - тя искаше да съм там и, докато ми налива чай, дъщеря ѝ и нейната приятелка да се появят и да имат някого, с когото да си говорят. Така ставаха тези неща. Тогава вече аз знаех какво да правя, когато чуя “Кхе-кхе-кхе”. Вече не питах какво искат да кажат с това, знаех, че “кхе-кхе-кхе” означава “гаф” и аз ще трябва да се опитам да оправя нещата.

Всяка вечер ходехме на вечеря с академичните си мантии. Първия път това много ме смути, защото никак не обичах формалностите. Но скоро установих, че мантиите са голямо предимство. Момчетата можеха да играят тенис, после да се втурнат в стаята си, да грабнат академичната си мантия и да я облекат. Не се налагаше да сменят дрехите си или да взимат душ. Така че под мантиите имаше голи ръце, фланелки, всичко. Освен това имаше правило мантията никога да не се пере, така че човек лесно можеше да види разликата между първокурсник и второкурсник, второкурсник и третокурсник, третокурсник и прасе! Мантиите никога не се перяха или кърпеха, така че първокурсниците бяха с приятни и относително чисти мантии, но някъде към третата година това се превръщаше в нещо мукавено на раменете и висящи надолу дрипи.

Така че когато пристигнах в Принстън, аз отидох на този чай в неделя следобед и вечерях в “Колежа” с академичната си мантия. Но в понеделник първото нещо, което исках да направя, беше да видя циклотрона.

Докато бях студент в МТИ, там беше построен нов циклотрон и той беше просто *красив*! Самият циклотрон се намираше в едно помещение, а контролните уреди бяха в друго. Беше хубаво конструиран. Кабелите бяха в изолационни тръби и вървяха от контролните уреди до дъното на циклотрона, а там имаше цяло табло с копчета и измервателни уреди. Бих го нарекъл позлатен циклотрон.

Вече бях прочел много статии за циклотронни експерименти, но статиите от МТИ не бяха много. Може би, защото едва започваха работа. Но имаше множество резултати от такива места като Корнел и Бъркли, а най-много - от Принстън. Затова най-много исках



да видя, очаквах с нетърпение да видя ЦИКЛОТРОНА НА ПРИНСТЪН. Трябва да е нещо *голямо*!

Така че първата ми работа в понеделник е да отида в сградата на физиката и да попитам: “Къде е циклотронът, в кое помещение?”

“Долу в мазето, в края на коридора.”

В *мазето* ли? Сградата беше стара. В мазето нямаше място за циклотрон. Отидох до края на коридора, влязох в помещението и за десет секунди разбрах защо Принстън е добър за мен, най-доброто място, където да се уча. В тази стая *навсякъде* бяха опънати жици! На жиците висяха превключвателите, охлаждащата вода капеше от клапаните, цялото помещение беше *пълно* с апаратура и всичко беше на открито. Масите бяха отрупани с инструменти и всичко беше в божествена бъркотия. Целият циклотрон беше само в една стая и тя беше пълен и абсолютен хаос!

Това ми напомни моята лаборатория в къщи. Нищо в МТИ никога не беше ми напомняло моята домашна лаборатория. Изведнъж разбрах защо Принстън получаваше резултати. Те работеха с апаратурата. Те са *построили* апаратурата, знаеха всяко нещо къде е, знаеха всички неща как работят, нямаше никакъв инженер-конструктор, освен ако и той не работеше там. Беше много по-малък от циклотрона на МТИ и “позлатен ли?” - това беше точната противоположност. Когато искаха да получат вакуум, те използваха течен уплътнител - глиптал - и целият под беше в капки от глиптал. Беше възхитително! Защото те *работеха* с него. Не седяха в друга стая, където да натискат копчета. (Между другото там по-късно стана пожар поради цялата тази бъркотия в помещението, твърде много жици, и циклотронът беше разрушен. Но по-добре да не бях казвал това!)

(Когато отидох в Корнел, отидох да видя и техния циклотрон. Той не се нуждаеше дори от цяла стая - беше около метър на метър. Това беше най-малкият циклотрон в света, но на него получаваха фантастични резултати. Имаха всякаква техника и прилагаха най-различни хитрости. Ако искаха да сменят нещо в “D-тата” - D-образните полуокръжности, по които се движат частиците, - те взимаха отвертка и ръчно сменяха D-тата. В Принстън това беше доста по-трудно, а в МТИ трябваше да се използва кран!)

Много неща научих от тези различни университети. МТИ е много добро заведение, не искам да го подценявам. Бях просто влюбен в него. В него имаше свой специфичен дух, така че всеки негов член го смята за най-великолепното място в света; така или иначе той е *център* на научното и техническото развитие, ако не в света, то поне в Съединените Щати. Това е като възгледа на нийоркчаните за Ню Йорк: те забравят за останалата част от страната. А докато не добиеш правилно чувство за пропорция, на теб наистина ти се струва, че е чудесно да си с него и в него, и това те мотивира да се стремиш да си в крак с другите - да се чувстваш като специално избран и да си щастлив, че си там.

Така че МТИ беше добър, но Слейтър беше прав, като ме накара да отида в друго учебно заведение и там да се дипломирам. Да разбера какво представлява останалият свят. Разнообразието е хубаво нещо.

Веднъж направих експеримент в циклотронната лаборатория на Принстън и резултатите бяха поразителни. В учебника по хидродинамика имаше една задача, която се обсъждаше от всичките студенти-физици. Задачата е следната: имаме S-образна водна пръскачка - S-образна тръба, въртяща се върху вертикална ос, - а водата струи под прав ъгъл спрямо оста и кара тръбата да се върти в определена посока. Всеки знае, че въртенето става в обратна посока на тази на струята. Въпросът е: ако имаме езеро или плувен басейн - достатъчно голям воден резервоар, - и поставим пръскачката изцяло под водата, след което започнем да всмукваме водата, вместо да я изхвърляме навън, в каква посока ще се върти пръскачката? Дали ще се върти в същата посока, както е при изхвърляне на струята навън във въздуха, или ще се върти в обратна посока?

На пръв поглед отговорът е съвсем ясен. Бедата е там, че за едни той е напълно ясен в една посока, а за други - в обратната посока. Спомням си, че на един семинар, а може би беше чай, някой се обърнал към професор Джон Уилър и го попитал: "Как смятате, в коя посока ще се върти?"

Уилър отговорил: "Вчера Файнман ме убеди, че ще се върти в същата посока. Днес ме убеди, че ще се върти в обратната посока. Не знам *в какво* ще ме убеди утре!"

Ще ви предложа такова разсъждение, което ще ви накара да вярвате, че въртенето ще е в една посока, и друго разсъждение, което ще ви накара да сметнете, че въртенето трябва да става в обратната посока. Става ли?

Едното съображение е, че когато всмуквате водата навътре, вие като че ли теглите водата с отворстието, така че то ще върви напред, по посока към влизащата вода.

Но друг идва и ви казва: "Да предположим, че държим тръбата неподвижна, и да се запитае какъв момент на силата ще трябва да приложим, за да я задържаме така? В случая на излизаща навън струя всички знаем, че трябва да държим от обратната страна на струята, защото тя упражнява центробежна сила. Но ако водата върви по кривата тръба в *обратната* посока, тя отново ще упражнява същата центробежна сила към външната част на кривата. Следователно двата случая са едни и същи, пръскачката ще се върти в една и съща посока, независимо дали водата се изхвърля навън или се всмуква навътре."

Слез известно размисляне накрая реших какъв трябва да бъде отговорът, но за да го демонстрирам, трябваше да направя експеримент.<sup>6</sup>

В циклотронната лаборатория на Принстън имаха една огромна стъкленица - чудовищно голямо шише за вода. Реших, че ще бъде идеална за експеримента. Взах парче медна тръба и я извих във формата на S. В средата ѝ пробих дупка, в нея напъхах парче гумен маркуч и го изведох навън от бутилката през коркова запушалка. В корка имаше още една дупка, в която вкарах второ парче маркуч и го свързах с източника на съгъстен въздух в лабораторията. Чрез нагнетяване на въздух вътре в бутилката аз можех да изтласквам водата по медната тръба - все едно, че нещо изсмуква водата по тръбата. Да, но S-образната тръба не искаше да се върти, тя се поклащаше (поради меката връзка на гумения маркуч), а аз се канех да меря скоростта на изхвърчащата струя вода, като измервам на каква височина над гърлото на бутилката се изхвърля струята.

Нагласих всичко, включих въздуха под налягане и се чу едно “Буух!” Въздушното налягане изхвърли корковата запушалка. Натиках запушалката още по-силно, така че да не може да изскочи. Сега експериментът тръгна доста по-добре. Водата излизаше навън, а маркучът се извиваше, така че реших да подам малко повече налягане, защото с по-голяма скорост измерванията щяха да бъдат по-точни. Измервах ъгъла много внимателно, измервах разстоянието и отново увеличих налягането, когато изведнъж по цялата лаборатория се разлетяха парчета стъкло и вода. Един студент, който беше дошъл да наблюдава, беше целият измокрен и трябваше да отиде вкъщи, за да смени дрехите си (цяло чудо е, че стъклата не го порязаха); цели купища снимки от мъглинната камера, правени с толкова търпение, докато циклотронът работеше, бяха намокрени. Но по някаква причина аз се оказах достатъчно далеч или в някакво такова положение, че не бях много намокрен. Но винаги ще си спомням как уважаваният професор Дел Сасо, който ръководеше работата с циклотрона, дойде при мен и каза твърдо: “Експериментите на начинаещите трябва да се правят в лабораторията за начинаещи!”

## Чудовищни улове (А, стр. 77)

Докато бях още студент последен курс в Принстън, аз работех като помощник-изследовател под ръководството на Джон Уилър. Той ми даде да работя върху един проблем, но той се оказа костелив орех и аз не стигнах до никъде. Тогава си спомних за една идея, която имах още в МТИ. Тя се състоеше в това, че електроните не действат върху самите себе си, а само върху другите електрони.

Проблемът беше следният: Когато разклатим електрон, той излъчва енергия, т.е. губи я. Следователно върху него трябва да действа сила. И тази сила трябва да е различна за заредена и за незаредена частица. (Ако силата беше точно една и съща, в единия случай частицата ще губи енергия, а в другия - няма. Не може да има два различни отговора на една и съща задача.)

Според стандартната теория действащият върху себе си електрон създава тази сила (наречена сила на лъчевата реакция), а аз приех, че електроните могат да действат само върху други електрони. Това ме постави в затруднено положение. (Когато в МТИ ми хрумна идеята, аз още не забелязвах проблема, но в Принстън вече го знаех.)

Разсъждавах така: разклащам електрона, той разклаща съседен електрон и обратното въздействие на втория електрон ще бъде източникът на силата на лъчевата реакция. Направих някои пресмятания и ги занесох да ги покажа на Уилър.

Уилър поглежда и направо казва: “Това не е вярно, защото е обратнопропорционално на квадрата от разстоянието до другите електрони, докато силата изобщо не трябва да зависи от тези променливи. Тя също трябва да е обратнопропорционална на масата на другия електрон; и ще трябва да е пропорционална на заряда на другия електрон.”

Смути ме мисълта, че той сигурно вече е *направил* тези пресмятания. Едва по-късно разбрах, че човек като Уилър може направо да *види* всичките тия неща, когато му дадеш задачата. Аз трябваше да пресмятам, а той можеше да види.

После каза: “И освен това ще бъде закъсняващ - вълната ще се връща със закъснение, - така че това, което си описал, е отразена светлина.”

“О, разбира се,” казвам.

“Но почакай,” казва ми той. “Да допуснем, че той се завръща с изпреварващи вълни - обратни във времето реакции, - тогава той ще се върне в правилния момент. Видяхме, че ефектът е обратнопропорционален на квадрата от разстоянието; но ако приемем, че има много електрони, в цялото пространство, тогава техният брой ще е пропорционален на квадрата от разстоянието. Може би така ще успеем да накараме всичко да се компенсира.”

Установихме, че можем да направим това. Стана много приятно и много добре се съгласувахе. Това беше класическа теория, която би могла да е правилна, въпреки че се различавахе от стандартната Максвелова или от стандартната Лоренцова теория. Беше остроумна и нямаше никакви неприятности с безкрайността на самодействието. Имаше действия и закъснения, движения напред и назад във времето, които ние нарекохме “полуизпреварващи и полузакъсняващи потенциали”.

Уилър и аз помислихме, че следващата задача е да се обърнем към квантовата електродинамика, която срещаше трудности (според мен) със самодействието на електрона. Смятахме, че ако се справим с тази трудност първо в класическата теория, а после направим от това квантова теория, ние заедно с това бихме могли да подобрим и квантовата теория.

Сега, след като стигнахме до правилна класическа теория, Уилър каза: “Файнман, ти си млад човек и трябва да разкажеш за това на семинар. Нужен ти е опит в изнасянето на доклади. През това време аз ще разработя частта на квантовата теория и по-късно ще докладвам на семинар.”

Така че аз за пръв път щях да докладвам научно изследване. Уилър говори с Юджийн Уигнър да включи доклада ми в програмата на семинара.

Ден-два преди моя семинар срещам Уигнър в коридора. “Файнман,” казва ми той, “мисля, че докладът ви с Уилър е много интересен и затова поканих Ръсел на семинара.” Хенри Норис Ръсел, прочутият, великият съвременен астроном<sup>7</sup>, щеше да дойде на семинара!

А Уигнър продължава: “Мисля, че и на професор Фон Нойман също ще му е интересно”. Джони фон Нойман беше най-великият жив математик, когото познавах. “Случайно професор Паули е дошъл от Швейцария, така че и него поканих да дойде”. Паули беше много прочут физик и аз усещам, че вече прежълтявам. “Накрая,” казва Уигнър, “професор Айнщайн идва много рядко на нашите ежеседмични семинари, но вашата работа е толкова интересна, че аз специално го поканих и той също ще дойде.”

В този момент аз трябва да съм позеленял, защото Уигнър каза: “Не, не! Не се страхувай! Все пак трябва да те предупредя: ако професор Ръсел заспи - а той сигурно ще заспи, - това не означава, че семинарът е слаб; той заспива на всички семинари. От друга страна, ако професор Паули кима през цялото време така, като че ли одобрява думите на докладчика, не обръщай внимание. Професор Паули има частична парализа.”

Отивам при Уилър, изреждам му имената на всичките велики, прочути хора, които ще дойдат на доклада, който той ме накара да изнеса, и му казвам, че съм много притеснен.

“Няма нищо,” казва ми той, “не се безпокой. Аз ще отговарям на въпросите.”

Така че аз си подготвих доклада и, когато семинарът започна, направих нещо, което младите хора, нямали опит в докладването, често правят - изписах на дъската прекалено много уравнения. Младият човек не знае как да каже: “Разбира се, това е обратнопропорционално, а това се изменя така ...” - защото всеки от слушателите вече знае това, те могат да го видят. Но *той* не знае. Той може да стигне до това само като прави всичките пресмятания, а оттам и купищата формули.

Докато бързах да напиша формулите по цялата дъска, още преди да съм почнал да говоря, влезе Айнщайн и с благ глас рече: “Здравейте, идвам на вашия семинар. Но най-напред, къде е чаят?”

Казах му и продължих да пиша формули.

Тогава дойде време да говоря и ето че към мен гледат очаквателно всичките тези *чудовищни умове*! Първият ми научен доклад и да имам такава публика! Бях сигурен, че ще ме пуснат през изтисквачката! Много ясно си спомням, че виждах как ръцете ми трепереха, когато вадох бележките си от един кафяв плик.

Но после изведнъж стана чудото, което се е повтаряло още много пъти през живота ми и което е цяло щастие за мен: в момента, в който започвам да мисля за физиката и трябва да се концентрирам върху това, което обяснявам, всичко останало престава да има значение и цялото ми смущение изчезва. Така че когато започнах да говоря, аз просто не знаех кой присъства. Просто обяснявах каква е идеята и толкоз.

Но ето че докладът ми свършва и идва време за въпросите. Пръв става Паули, който седи до Айнщайн, и казва: “Не мисля, че тази теория може да е вярна, защото така и така и така,” след което се обръща към Айнщайн и го пита: “Съгласен ли сте с това, професор Айнщайн?”

Айнщайн отговаря: “Неееееее,” едно много приятно, звучащо по немски “Не” - твърде любезно. “Мисля само, че ще бъде много трудно да се направи съответна теория за гравитационното взаимодействие.” Имаше предвид общата теория на относителността - неговата рожба. Той продължи: “Тъй като засега нямаме достатъчни експериментални данни, аз не съм съвсем сигурен доколко е вярна теорията на гравитацията.” Айнщайн признаваше, че нещата могат да бъдат различни спрямо изводите на неговата теория; той беше много толерантен към идеите на другите.

Ще ми се да бях запомнил това, което каза Паули, защото години по-късно открих, че теорията не е задоволителна, когато нещата опрат до квантовата теория. Възможно е великият човек веднага да е забелязал трудността и да е казал каква е тя в своя въпрос, но аз бях така облекчен, задето не трябваше да отговарям на въпросите, че не ги слушах достатъчно внимателно. Спомням си обаче точно, че се качвах по стълбата към библиотеката *Палмър* заедно с Паули и той ме попита: “Какво се кани Уилър да говори на семинара за квантовата теория?”

Отговорих му: “Не знам. Не ми е казвал. Той работи сам по това.”

“О?” възкликна Паули. “Човекът работи и не казва на асистента си какво прави по квантовата теория?” Той се приближи до мен и каза с нисък, поверителен глас: “Уилър няма никога да изнесе този доклад.”

Така и стана. Уилър не докладва. Той смяташе, че няма да е трудно да развие квантовата част на теорията, мислеше, че му остава още малко. Но не позна. Когато наближи времето за доклада му, той разбра, че не знае как да го направи и затова няма какво да разкаже.

Аз също никога не успях да реша проблема - квантова теория на полуизпреварващи и полужакъснени потенциали, - а работих върху него в продължение на години.

---

<sup>1</sup> Английските оригинали са:

**A** - Richard Feynman and Ralph Leighton. “Surely You’re Joking, Mr Feynman!” *Adventures of a curious character*. Counterpoint, London - Boston - Sydney, 1985 (350 pp.).

**B** - R. Feynman and R. Leighton. “What Do You Care What Other People Think?” *Further adventures of a curious character*. Bantam Books, New York - Toronto - London - Sydney - Auckland, 1988 (197 pp.).

**C** - James Gleick. *GENIUS - The Life and Science of Richard Feynman*. Vintage Books, New York, 1992 (532 pp.).

Редакцията използва случая да благодари на акад. И. Тодоров, акад. А. Поликаров и д-р С. Джамбова за любезното предоставяне на тези книги.

<sup>2</sup> На южния бряг на о-в Лонг Айланд, недалеч от международното летище “Кенеди”. - *Бел. прев.*

<sup>3</sup> Масачузетски Технологичен Институт. - *Бел. прев.*

<sup>4</sup> Ричард има по-млада сестра Джоан, която е с докторат по физика въпреки предразсъдъка, че само момчетата имат склонност към науката.

<sup>5</sup> “Братство” е група от ученици или студенти, които спазват приети от тях правила, взаимно си помагат в учението, в разрешаването на битови проблеми, в спорта и т.н. Различните братства взаимно се конкурират. В МТИ Файнман е бил член на еврейското братство “СЕМ”, защото по онова време (както сам той казва) при своя произход не е имал друг шанс. - *Бел. прев.*

<sup>6</sup> Описанието на същия експеримент през погледа на Джон Уилър вж. в СФ 2/95. - *Бел. прев.*

<sup>7</sup> Ръсел (1877-1957) разработва независимо от Херцшпрунг теорията на звездната еволюция и е създател (1913 г.) на прочутата диаграма на Херцшпрунг - Ръсел за връзката между яркостта на звездите и тяхната температура. - *Бел. прев.*

Встъпителни бележки, съставителство и превод: **М. Бушев**